COMPTES RENDUS HEBDOMADAIRES DES SÉANCES
DE
L'ACADÉMIE D'AGRICULTURE DE FRANCE

PRÉSENTÉS

PAR LE SECRÉTAIRE PERPÉTUEL

TOME QUARANTE-SIXIÈME

ANNÉE 1960

N° 4. — Séances des 10 et 17 Février 1960

PARIS

ACADÉMIE D'AGRICULTURE DE FRANCE

18, RUE DE BELLECHASSE, 18

(7e Arrt) — Invalides : 10-37

La Bibliothèque de l'Académie d'Agriculture est ouverte tous les jours, de 14 heures à 17 heures, sauf le samedi. Le Bibliothécaire se tient à la disposition des lecteurs et chercheurs autorisés qui devront se présenter à lui pour y avoir accès.

L'Académie d'Agriculture de France

Son rôle, ses travaux

L'Académie d'Agriculture de France, instituée sous Louis XV, a été reconnue comme établissement d'utilité publique par décret du 23 août 1878 de M. le Président de la République Française.

Elle s'honore d'avoir, dans le passé, compté dans son sein à côté des praticiens les plus éminents de l'agriculture française, de grands savants comme Pasteur, Boussingault, Dumas, Chevreul, Deherain, Schlœsing, de Vilmorin, Dechambre, de Candolle, Mathieu de Dombasle, Hickel, Bouvier et tant d'autres aujourd'hui disparus.

Elle a pour mission d'étudier les questions se rattachant à la production agricole ainsi qu'à l'économie rurale et d'éclairer le Gouvernement sur tout ce qui intéresse le progrès et le développement de l'agriculture.

Il n'est pas de problèmes concernant l'agriculture qu'elle n'ait, à l'heure actuelle, abordés; même aux heures les plus sombres de notre histoire son activité ne s'est jamais ralentie.

* * *

Les questions de technique agricole (agriculture, art vétérinaire, zootechnie, sylviculture, génie rural, chimie, histoire naturelle, entomologie, etc.), ainsi que les problèmes de politique générale agricole et d'économie rurale sont, au cours de séances hebdomadaires publiques, exposés par ses membres les plus qualifiés.

L'Académie ne se borne pas à des études théoriques. Elle a, dans le domaine forestier d'Harcourt (Eure) qui lui a été légué par un de ses membres, poursuivi depuis un siècle l'acclimatation ainsi que l'étude de nombreuses essences forestières métropolitaines, européennes ou exotiques.

Par l'abondance et la variété des sujets traités, par l'objectivité et le sens des réalités qui président aux discussions, les travaux de l'Académie constituent une documentation unique en matière agricole et une mise au point permanente de toutes les questions intéressant l'économie rurale.

(Suite page III)

SÉANCE DU 10 FÉVRIER 1960

Présidence de M. LETARD

Jean GUICHERD, correspondant (1869-1960)

M. le Secrétaire perpétuel. — Nous apprenons avec regret le récent décès, à l'âge de 91 ans, de l'un de nos plus anciens correspondants nationaux, Jean Guicherd, inspecteur général honoraire de l'Agriculture.

Fonctionnaire particulièrement estimé pour sa grande expérience et sa féconde activité, Jean Guicherd fut un éminent connaisseur de la vigne. D'origine lyonnaise, ancien élève de Grignon dont il sortit major et où il professa quelque temps, il a longtemps poursuivi sa carrière active dans les pays viticoles de l'Est et du Centre-Est. Professeur spécial d'agriculture à Nuits-Saint-Georges où il a voulu reposer au milieu de ce vignoble qu'il a si bien défendu, professeur départemental dans l'Aube, puis dans la Côte d'Or, il a en outre dirigé l'École de Viticulture de Beaune. Son exceptionnelle compétence au sujet des cépages du Centre-Est s'est traduite dans plusieurs ouvrages d'ampélographie.

C'est encore dans les régions de l'Est qu'il a plus tard exercé les fonctions d'Inspecteur général de l'Agriculture. Il a notamment pris une part importante dans l'œuvre de reconstitution des régions libérées après l'Armistice de 1918.

Nous garderons de lui le souvenir d'un spécialiste très écouté et d'un homme aussi sympathique que dévoué.

FÉLICITATIONS A M. ANDRÉ VOISIN

M. le Président. — Je suis heureux de vous annoncer que notre Confrère, M. André Voisin, a été nommé docteur « *honoris causa* » de la Faculté agronomique de Bonn. M. Voisin a fait plusieurs conférences en Allemagne et ses ouvrages, après traduction, y ont été très favorablement accueillis. M. Voisin, étant diplômé depuis longtemps de l'Université de Heidelberg, trouve, dans sa parfaite connaissance de la langue allemande, un instrument précieux pour l'expansion de ses conceptions agronomiques. Je le félicite vivement de la distinction qui vient de lui être conférée.

LA THÉORIE DE L'INFORMATION

M. J. Dufrenoy. — Historique. — La Théorie de l'Information repose sur ce Postulat : l'Information est mesurable ; cette notion d'une relation mesurable entre Information et degré d'organisation ou d'ordre d'un système (entropie) introduite en Physique dès 1872 par Boltzmann, a été explicitée par Szilard, puis par Brillouin.

En 1918, R. A. Fisher, cherchant à déterminer dans quelle mesure l'Information acquise par l'expérimentation, notamment en Agriculture, peut être statistiquement utilisée, a conçu une « mesure de l'Information » qui a été immédiatement adoptée par tous les statisticiens.

Cependant, même dans la 5e édition de l'ouvrage fondamental de G. W. Snedecor (Statistical Methods applied to experiments in Agriculture and Biology, 1956) nous ne trouvons qu'une seule allusion (p. 303) à la Quantité Relative d'Information, estimée par l'emploi d'une formule de Fisher ; aucune mention n'est faite de la « Théorie de l'Information ».

Ainsi que l'a exposé M. L. Dufrénoy, au Congrès international de Linguistique de Lisbonne, c'est de la tentative d'Analyse du Langage, par Maupertuis (1752) puis des tentatives ultérieures de « mise en code » du Langage, que l'on peut faire dériver la Théorie de l'Information telle qu'elle a été conçue par E. C. Shannon (The Mathematical Theory of Communication, *The Bell System Technical Journal*, **27**, 379 ; — voir aussi, E. C. Shannon and W. Weaver, The Mathematical Theory of Communication, Illinois Univ. Press, 1949).

Dès 1955, G. Herdan interprétait « le Langage à la lumière de la Théorie de l'Information » (*Metron*, **17**, nos 1 et 2); en 1956 il développait sa Théorie dans un Livre dont un chapitre entier est consacré à montrer que, contrairement à l'opinion encore courante, « la Théorie de l'Information n'a pas été introduite dans le seul but de prouver par un mécanisme compliqué ce qui était à peu près évident du fait de considérations élémentaires ».

En 1958 un groupe de chercheurs anglais, A. D. Booth, L. Brandwood et J. P. Cleave, reconnaissaient que les applications de la Théorie de l'Information concernent non seulement les techniques de Télécommunication, mais aussi les techniques de la Linguistique, même sous ses aspects littéraires : la Théorie de l'Information s'applique à l'étude des « Machines à traduire » c'est-à-dire à la résolution mécanique des problèmes linguistiques.

Solomon Kullback vient de publier un livre consacré à l'étude « des mesures logarithmiques de l'Information et des applications de ces mesures à la critique d'hypothèses statistiques » (Information Theory and Statistics, New York, 1959).

En 1958 se réunissait aux États-Unis un Symposium consacré à la « Théorie de l'Information en Biologie » ; les Biologistes, notamment sous l'impulsion de H. Quastel, du Departement de Biologie du Brookhaven National Laboratory, à New York, comprenaient, à leur tour, que le concept de la « mesure de l'Information » intervient de façon opportune pour satisfaire à leurs besoins ; dès à présent, la Théorie de l'Information est appliquée dans un certain nombre de « spécialisations » : Cybernétique, Programmation linéaire... mettant en œuvre des « situations complexes » : la multiplicité de choix possibles implique des « arrangements », qu'affectent un grand nombre de facteurs. En ce qu'elle représente l'une des « Théories de Systèmes » la Théorie de l'Information paraît pouvoir s'appliquer utilement en Agronomie.

Dans la mesure où la Théorie de l'Information permet une « cotation numérique » d'appréciations basées sur le simple bon sens, elle est d'application universelle : sans entrer ici dans l'interprétation philosophique de cette théorie, qu'il suffise de rappeler, qu'à un facteur d'échelle près, la « fonction d'Information » se présente sous la forme proposée par Boltzmann pour la fonction d'Entropie : ce n'est pas une simple coïncidence ; pour le physicien, l'Entropie correspond au degré d'Incertitude associé à un certain état d'un Système, lorsque chacun des états possibles peut être distingué des autres et peut servir à caractériser une « catégorie ». Le Théoricien de l'Information s'attache à mesurer dans quelle mesure un « événement » (ou une « situation ») spécifiquement définie comme appartenant à une certaine catégorie, diffère d'un autre événement ou d'une autre situation, attribuable à une autre catégorie.

H. Poincaré se demandait : Pourquoi est-ce que je cherche à tracer une courbe sans sinuosité?

Le Statisticien subit la dispersion des observations par rapport à une courbe sans sinuosité ; il voit dans cette dispersion, qu'il classe dans la catégorie « erreurs », l'effet du hasard, qu'il s'efforce de réduire.

Tandis que le Statisticien calcule une courbe théorique *malgré* les sinuosités de la courbe observée, le Théoricien de l'Information exploite la diversité en tant qu'elle rend possibles des « opérations » telles que la sélection.

La théorie de l'Information implique donc l'introduction de la diversité, par distinction entre un événement attribuable à une catégorie ($i = 1$) et un autre événement attribuable à une autre catégorie ($i = 2$).

L'emploi des logarithmes dans la Théorie de l'Information. — Chaque manifestation d'événement, fournissant de l'Information, implique un choix entre deux possibilités : attribution de l'observation (x) à la catégorie (1) ou à la catégorie (0) ; ce choix s'exprime de la façon la plus simple au moyen d'un code binaire, où chaque nombre est représenté par une puissance de 2 ; par exemple, le nombre 10 de la numération décimale s'exprime en arithmétique binaire par $2^3 + 2^1$ (ce qui équivaut à $8 + 2$), mais la notation complète exige la suite suivante $10 = 1.2^3 + 0.2^2 + 1.2^1 + 0.2^0$, soit la « notation de position » exprimée par 1 010, qui se lit « un, zéro, un, zéro » ; cette séquence utilise quatre symboles binaires, et, *de ce point de vue* on peut considérer 4 comme le log de 10 dans le système de base 2 (en fait, $\log_2 10 = 3\,322\ \log_{10} 10$; l'approximation 4 représente la valeur du log arrondie au chiffre supérieur, telle qu'elle est utilisée pour fournir une estimation de l'Information).

Lorsqu'on utilise un code binaire, impliquant une alternative telle que « oui » ou « non »; « présence », « absence »... il est logique d'utiliser les log de base 2.

Nous emprunterons nos exemples : 1° au jeu de pile ou face ; 2° à l'expérience classique sur laquelle Jacques Bernoulli a fondé sa « distribution binomiale ».

La « Quantité » d'Incertitude. — Cette appréciation de Sir Ronald Fisher : « La notion de Probabilité sert à exprimer, avec une précision mathématique, un état d'incertitude », s'applique mieux encore à la notion d'Information.

Lançons 100 fois en l'air un jeton dont les deux faces sont identiques ; ce jeu ne nous fournit aucune « information » ; marquons l'une des faces (1) l'autre (0), c'est-à-dire introduisons une situation binaire, grâce à la possibilité de distinguer la manifestation de la face (1) ou sa non-manifestation, à chaque coup.

Quelle est la « quantité moyenne d'Information » obtenue à chaque coup? En d'autres termes, quelle est la quantité d'Incertitude avant l'observation de la « manifestation » ou « non-manifestation » de la face (1) ; cette Incertitude doit être une fonction de « deux », puisqu'il y a deux possibilités (1) ou (0), et cette incertitude doit être modifiée par les fréquences relatives de manifestation ou non-manifestation de (1).

1er exemple. — Nous admettrons l'équiprobabilité soit :

— probabilité de manifestation, $p = 1/2$;

— probabilité de non-manifestation, $q = 1 - 1/2 = 1/2$.

Désignons symboliquement par X le phénomène que nous pouvons observer, et par x_1 ou x_0 chaque « observation » de ce phénomène : 50 fois x s'est manifesté dans la catégorie (1) et a mérité la désignation (x_1) et 50 fois x a mérité la désignation (x_0).

La probabilité p_1 de manifestation de x_1 est égale à la probabilité p_2 de manifestation de x_2 et chacune de ces probabilités est 1/2 ; la somme de ces probabilités ($p_1 + p_2$) correspond à la certitude représentée par 1 dans la théorie des probabilités.

L'égale probabilité pour un phénomène de se manifester dans l'une de deux catégories représente le prototype de l'Incertitude, et ce prototype peut être pris pour « certitude d'Incertitude », c'est-à-dire pour Unité ou 1.

Écrivons :

$$1 = -\left[\frac{1}{2}\log_2\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\log_2\frac{1}{2}\right]$$

ce qui est correct, puisque $\log_2 \frac{1}{2} = \log_2 1 - \log_2 2$; $\log_2 2 = 1$ par

définition des logarithmes de base 2 ; $\log_2 1 = 0$ par définition des logarithmes quel que soit le système.

On a donc :

$$1 = -\left[\frac{1}{2}(0-1) + \frac{1}{2}(0-1)\right] = -\left[-1\right]$$

Cette formule a pour premier avantage d'introduire une « échelle naturelle », celle du log de base 2 ; l'unité 1 est alors exprimée en « nombres binaires », c'est-à-dire selon une arithmétique de base 2.

Remplaçons $\frac{1}{2}$ et $\frac{1}{2}$ par les symboles p_1 et p_0, probabilités de manifestation de l'événement dans une catégorie ($i = 1$) ou l'autre ($i = 0$).

Cas où les probabilités restent égales, le nombre des catégories étant supérieur à 2 ; c'est-à-dire $i = 1$, ou $i = 2$, ... ou $i = r$; chaque événement peut être représenté *en moyenne* en n'utilisant que :

$$-\sum_{i=1}^{r} p\ (i)\ \log_2 p\ (i) \text{ symboles binaires}$$

En d'autres termes, soit X un événement, au sujet duquel chaque observation (x) peut être attribuée à une catégorie i avec une probabilité p_i; le contenu d'Information de (x) est :

$$H\ (x) = -\sum_{i} p\ (i)\ \log_2 p\ (i)$$

2e exemple. — Jacques Bernoulli, jouant à chaque coup avec 150 icosahèdres (solides à 20 faces, chacune repérable) observe, qu'une fois sur 100 coups, 15 faces (A) se manifestent au sommet et il en déduit, en 1713, sa Distribution binomiale, qui connaît cette application récente de la Théorie de l'Information : Quel est le nombre de lignes téléphoniques à mettre en service pour 150 abonnés, utilisant chacun le téléphone pendant trois minutes (soit 1 /20 d'heure) durant l'heure la plus encombrée? Il n'y a qu'une chance sur 100 pour que 15 des 150 abonnés cherchent à utiliser simultanément le réseau téléphonique: 15 lignes suffisent à assurer le service.

Il paraîtrait désirable d'introduire ici des exemples d'utilisation de la Théorie de l'Information en Agriculture, quant à la critique de l'Hypothèse d'Homogénéité : les probabilités de manifestation (p) à chaque coup ne diffèrent-elles que du fait de variations dues au hasard, ou est-ce que s'introduit. d'un coup à l'autre, une cause perturbatrice?

Traiter un tel problème entraînerait de longs développements, et plus simples sont les exemples illustrant l'*Hypothèse d'Indépendance*, qui sera introduite à la suite de la Notion d'Additivité concernant l'Information.

Dans cette dernière partie, nous ne nous astreindrons plus à n'utiliser que des log de base 2 ; le choix du système de log met simplement en cause un choix d'échelle. On dispose actuellement de Tables de Dolansky (1) utilisant les log de base 2, et de Tables de S. Kullback utilisant les log e.

Le contenu d'Information, H (x). — L'appareil mathématique de la Théorie de l'Information peut être réduit à une formule relative au contenu d'Information (H (x)) fourni par une classification (x) selon des catégories (chacune spécifiée par un indice i, qui peut avoir la valeur 1, 2, 3... c.

La classification (x) est établie d'après des observations correspondant chacune à une manifestation (x) attribuable à l'une des catégories $i = 1$; $i = 2$... ; $i = c$.

La probabilité d'une manifestation dans chaque catégorie i est $p\ (i)$.

Ceci posé, le contenu d'Information H (x) est la somme des produits

(1) *Technical Report* N° 227, M. I. T., 1952.

obtenus en multipliant chaque probabilité, telle que $p\ (i)$, par son logarithme.

On peut employer bien entendu le logarithme de n'importe quel système : de base 10 ou de base e ou de base 2.

Reprenons les log de base 2, pour illustrer les trois propriétés essentielles de la fonction d'Information :

1° *Indépendance.* — Soit i l'une des catégories dans lesquelles peut se situer un événement x, avec une probabilité $p\ (x)$.

Désignons par F (i) la contribution de cette $i^{\text{ème}}$ catégorie à l'incertitude du système (impliqué dans la classification X). Pour indiquer que F (i) dépend de $p\ (i)$ et de $p\ (i)$ seulement nous posons :

$$\text{F}\ (i) = -\ p\ (i) \log_2 p\ (i).$$

2° *Continuité.* — Une petite modification de $p\ (i)$ n'entraîne qu'une petite modification de F (i) ; en d'autres termes, la fonction F (i) est continue.

3° *Additivité.* — L'Information totale, obtenue de deux sources indépendantes, doit être la somme des Informations fournies chacune par l'une de ces sources.

A une première source d'Information, représentée par une classification X, ajoutons une deuxième source d'Information, représentée par la classification Y concernant des événements (y) pouvant être attribués à l'une des catégories $j = 1\ ;\ j = 2 \ldots\ j = r$ avec une probabilité $p\ (j)$.

La probabilité $p\ (i, j)$ d'un appariage des deux événements (x) et (y) tel que (x) tombe dans une certaine catégorie (i) et (y) dans une certaine catégorie (j) peut servir à définir l'incertitude d'un tel appariage. Le contenu d'Information H (x, y), correspondant à ce que fournissent conjointement les classifications X et Y sera donc la somme de chacun des produits $p\ (i, j) \log_2 p\ (i, j)$.

Cette somme comportera autant de « produits » que l'on peut, dans la parenthèse, attribuer de valeurs à i et à j.

Si x et y sont indépendants, $p\ (i, j) = p\ (i).p\ (j)$, du fait de la règle des probabilités composées ; si $p\ (i) = 1/2$ et $p\ (j) = 1/2$, le produit $p\ (i).\ p\ (j) = (1/2).(1/2) = 1/4 = p\ (i, j)$).

***

L'incertitude associée à chaque paire d'observations (x, y) se mesure par :

$$\text{H}\ (x, y) = -\sum_{i, j} p\ (i, j) \log_2 p\ (i, j)$$

Si x et y sont deux événements indépendants, $p\ (i, j) = p\ (i)\ .\ p\ (j)$ d'où :

$$\text{H}\ (x, y) = -\sum_{i, j} p\ (i, j) \log_2 p\ (i)\ .\ p\ (j)$$

Une application très simple concerne la critique des *Lois de Mendel*, notamment de celle qui permet de calculer les proportions de génotypes dans la population des hybrides de 2e génération, provenant du croisement entre 2 parents différents quant à 2 caractères :

A chaque caractère correspond une alternative telle que « A ou a », « B ou b ».

L'alternative A ou a représente le phénomène X, au sujet duquel on peut faire les observations (x) se classant soit dans la catégorie A, soit dans la catégorie (a).

L'alternative B ou b représente le phénomène Y, au sujet duquel on fait les observations y, se classant soit dans B, soit dans b.

La règle des probabilités composées permet de calculer les probabilités théoriques dans chacun des 4 compartiments de la Table.

	A	a	Total
B	9/16	3/16	12/16
b	3/16	1/16	4/16
Total	12/16	4/16	16/16

	$i = 1$	$i = 0$	Total
$j = 1$	p_{11}	p_{10}	$p_{1\cdot}$
$j = 0$	p_{01}	p_{00}	$p_{0\cdot}$
Total	$p_{\cdot 1}$	$p_{\cdot 0}$	$p_{\cdot\cdot}$

Au lieu d'appliquer la formule utilisant les probabilités, il est plus commode de transformer cette formule pour permettre d'utiliser les fréquences (x_{ij}) dénombrées dans chacun des 4 compartiments.

Exemple numérique : fréquences :

Observées

	A	a	
B	456	141	597
b	155	48	203
	611	189	800

Calculées

	A	a	
B	450	150	600
b	150	50	200
	600	200	800

On forme l'hypothèse d'Indépendance : le classement par rang est indépendant du classement par colonne.

Pour critiquer cette hypothèse, on calcule :

— le produit de chaque fréquence (x_{ij}) de l'une des 4 cases par son log ;

— le produit du total général ($x_{..} = N$) par son log.

On additionne ces 5 produits.

On calcule ensuite le produit de chaque total marginal ($x_{i.}$) ou ($x_{.j}$) par son log.

On additionne ces 4 produits :

La différence entre la première somme et la seconde est nulle si l'hypothèse d'indépendance est justifiée.

Calculs numériques :

1re somme		2e somme	
x_{ij}	$(x_{ij}) \log_e (x_{ij})$	$x_{i.}$ ou $x_{.i}$	$(x_{..}) \log_e (x_{..})$
456	2791.86		
155	0781.73	611	3919.62
141	0697.77	597	3815.97
48	0185.82	203	1078.58
800	5347.87	189	0990.69
	9804.87		9804.86

La 1re somme (9 804,87) portée au crédit de l'opération, comporte deux constituants : la somme de chacun des produits d'une fréquence x_{ij} par son logarithme + le produit du total général par son log. Or, chacune

des fréquences x_{ij} utilise deux sources d'Information : celle relative à l'alternative « A ou *a* », permettant la classification par colonne ($i = 1$ ou $i = 0$) ; celle relative à la classification par rang ($j = 1$ ou $j = 0$) ; alternative « B ou *b* ».

Par contre, le total général 800 s'obtient sans tenir compte d'une classification quelconque, et sans utiliser de source d'Information relative à une alternative « A ou *a* », « B ou *b* » ; ce total de 800 existait avant toute observation relative aux disjonctions.

La 2e somme, portée au débit de l'opération, se calcule : 1° à partir des totaux marginaux 597 et 203, obtenus en n'utilisant qu'une source d'Information, celle relative à l'alternative « B ou *b* » et en ignorant l'autre source d'Information (classification par colonnes);

et, 2°, à partir des totaux marginaux, 611 et 189, faisant intervenir la source d'Information relative à l'alternative « A ou *a* », et en ignorant l'autre source d'Information.

Cet exemple très simple risque de justifier l'opinion « qu'on prouve par un mécanisme compliqué ce qui était évident du fait de considérations élémentaires ». Nous comparons :

— un « crédit » (incorporant l'Information obtenue de 2 sources d'Information + l'Information obtenue sans le secours de l'une ou l'autre de ces sources) ;

— un « débit » incorporant l'Information obtenue de l'une de ces sources + l'Information obtenue de l'autre source.

Si chaque source contribue indépendamment à l'Information nous présumons intuitivement que le « crédit » doit balancer le « débit », ce que vérifie le calcul, et ce qui, selon la Théorie de l'Information, s'exprime par le Symbolisme suivant :

L'Incertitude associée à un appariage de deux événements AB ou *a*B ou A*b* ou *ab* dans un classement (X) par colonnes (i = A ou $i = a$) et dans un classement (Y) par rangs (j = B ou $j = b$) est mesurée par :

$$H(x, y) = -\sum_{ij} p(i, j) \log p(i, j)$$

1° Si x et y sont indépendants $p(i, j) = p(i) \,.\, p(j)$ et :

$$H(x, y) = -\sum_{ij} p(i, j) \log p(i) \,.\, p(j)$$

ce qui peut s'exprimer par $H(x, y) = H(x) + H(y)$.

Dans l'exemple numérique précédent, on peut considérer $H(x, y)$ comme correspondant au crédit, et $H(x) + H(y)$ au débit.

2° Si x et y ne sont pas indépendants la somme $H(x) + H(y)$ est plus petite que $H(x, y)$; la différence mesure les contraintes internes du système, et renseigne sur le degré de liaison entre les sources d'Information relatives l'une à X l'autre à Y. — Le symbolisme emprunté à la Théorie de la communication désigne cette différence par $T(x, y) = H(x) + H(y) - H(x, y)$, et on considère $T(x, y)$ comme une mesure de la Quantité d'Information transmise par l'une des sources à l'autre source. L'Information prend alors son sens très général de « corrélation » ou d'interaction.

Conclusion. — On obtient de l'Information dans la mesure où on peut causer la manifestation d'une interaction, l'exemple le plus net étant l'interaction entre « anticorps » et « antigène », ce qui explique l'importance de la Théorie de l'Information en Immunochimie : le degré de parenté de deux génotypes, ou de deux individus appartenant à des variétés ou même à des espèces différentes, peut se mesurer en fonction du nombre des « systèmes antigène-anticorps » dont on peut faire apparaître l'interaction ; de même peut s'estimer le degré de similitude de deux types de virus.

M. S. Hénin. — En raison des amicales discussions que j'ai eues sur ce sujet avec M. Dufrénoy, je me dois de vous donner quelques explications. A côté du principe des méthodes, qu'il est évidemment très important de connaître, il faut aussi préciser leur philosophie.

L'agronome dispose de résultats qui ne sont que probables ; il doit tenir compte de cette incertitude dans ses choix ou dans ses raisonnements lorsqu'il doit les diffuser et les faire mettre en pratique. Les méthodes de la recherche opérationnelle lui fournissent pour cela diverses possibilités. Celles-ci s'adaptent d'ailleurs à des circonstances différentes.

Par exemple, lorsqu'il s'agit de fixer un choix, on considérera les différentes options possibles et l'on fait alors un tableau dans lequel l'expérimentateur se posera en adversaire de la nature. Chaque éventualité favorable, ou défavorable, se présentera comme gagnant pour l'expérimentateur ou comme perdant. La théorie des jeux conduit à effectuer le choix de telle façon que, si même la nature joue sa partie le mieux possible, techniquement parlant, la perte pour l'expérimentateur soit minima. Cela s'appelle la recherche d'une stratégie.

On peut, disposant d'un certain nombre de solutions, les combiner entre elles de façon à obtenir le meilleur résultat. Par exemple, dans un assolement combiner les cultures de manière à ce que l'on obtienne le produit brut ou le revenu net maximum. On fait alors appel à la programmation linéaire. J'espère avant la fin de cette session académique pouvoir vous présenter une communication sur ce sujet d'un de mes collaborateurs à l'Institut agronomique, M. Fraigneaud.

Il reste, enfin, la théorie de l'information dont vient de vous parler notre confrère et qui est née voici une dizaine d'années des problèmes posés par le fonctionnement des réseaux de communication. Elle a fait l'objet d'applications variées dans l'étude des langues par exemple et offre certaines possibilités aux agronomes comme on vient de vous le montrer.

L'inconvénient de ces méthodes vient de ce qu'elles font appel à un appareil mathématique dont la connaissance est assez peu répandue et dont le maniement demande un certain entraînement. Il appartiendra à la recherche de trouver le moyen de mettre ces méthodes ou leur solution à la portée des praticiens. Cela demandera certainement un long effort qu'il importe de préparer dès maintenant et c'est pourquoi il est heureux que notre confrère ait attiré l'attention sur ces problèmes.

Présentation d'ouvrage :

AGRONOMIE ET AGRONOMES EN FRANCE AU XVIII[e] SIÈCLE

par **André Bourde**

M. Roger Blais. — Tel est le titre d'une thèse de doctorat ès lettres brillamment soutenue à Paris l'an dernier et qui fait actuellement l'objet d'un document polycopié de 1 600 pages. Quand l'ouvrage paraîtra en librairie je souhaite qu'un de nos confrères plus compétent que moi puisse en reprendre l'analyse et en dégager les leçons. En le présentant aujourd'hui à l'Académie je ne vise qu'à poser une pierre d'attente en fonction, et de la confiance que l'auteur, maintenant Maître de Conférences à la Faculté des Lettres d'Aix-en-Provence, a bien voulu me manifester, et de l'objet même de sa thèse, je dirais volontiers de son titre.

Agrégé d'Histoire et de Géographie, M. André Bourde a séjourné longtemps à Cambridge où il a publié en 1953 un ouvrage en anglais sur l'influence de l'Angleterre sur les agronomes français. En 1955 au Congrès

international des Sciences historiques qui s'est tenu à Rome il a présenté une communication sur Duhamel du Monceau dont il reparle longuement dans son travail comme ayant été à partir de 1750 le *supporter* en France de la nouvelle agriculture anglaise.

Le travail de M. Bourde témoigne d'une connaissance particulièrement approfondie du sujet et d'une sympathie pour l'agriculture dont on doit lui savoir beaucoup de gré. M. Bourde a choisi comme point de départ l'année 1700, mais il prend soin d'analyser dans trois chapitres initiaux l'essentiel des publications agronomiques à dater de la Renaissance. On y voit, écrit-il, qu'Olivier de Serres se trouve, avant et après le Théâtre d'agriculture, en nombreuse compagnie et que l'agronomie du XVIII^e^ siècle a eu d'illustres ancêtres, à ne les rechercher qu'en France.

Dans une première partie il étudie la naissance et le développement des systèmes agronomiques. Il part de la *Nouvelle Maison Rustique* de Liger, parue en 1700, pour aboutir au *Traité d'Agriculture* de de Frêne en 1788. Mais en fait son travail est centré sur l'œuvre de Duhamel du Monceau qui a publié à partir de 1750 le *Traité de la culture des terres suivant les principes de M. Tull, anglais*, qu'il a complété en 1762 par ses *Éléments d'agriculture*. Les publications de Duhamel ont suscité à la fois des enthousiasmes et de vives controverses. On considère à juste titre dans les milieux forestiers cet ingénieur naval comme un véritable pionnier de la science des arbres, de la sylviculture et de la xylologie. Il mérite aussi pleinement le titre d'agronome en tant que celui-ci fait de l'agriculture l'objet d'une démarche scientifique vivante.

La seconde partie est consacrée aux problèmes posés par la mise en valeur de la terre, par ses productions, par les techniques agricoles. On y trouve d'excellents exposés sur la mobilisation des terres incultes, sur les problèmes de la vaine pâture et du parcours, sur les cultures nouvelles, les plantes herbacées, les racines, les tubercules, sur les plantes industrielles, sur l'élevage enfin, notamment sur les ovins et « la culture des laines ».

La troisième partie est consacrée à l'agronomie en action, au rôle du Gouvernement, tout spécialement à celui de Bertin qui fut un véritable ministre agronome, aux Sociétés d'agriculture, au développement des Écoles vétérinaires, au rôle respectif et souvent en opposition du Comité de l'Agriculture et de la Société de Paris dans laquelle notre Compagnie trouve ses racines. Des appendices apportant des renseignements précis, par exemple des types d'assolement, des tableaux comparatifs et chiffrés de l'ancienne et de la nouvelle culture, ainsi qu'une bibliographie d'une richesse inouïe complètent ce magistral travail.

On ne peut évoquer le XVIII^e^ siècle sans parler de la Physiocratie. M. Bourde prend beaucoup de soin pour délimiter son sujet qui n'inclut pas l'étude de ce mouvement. Tous les agronomes ne furent pas des physiocrates ni ces derniers des agronomes. Né bien avant la physiocratie le mouvement agronomique lui survivra — heureusement — et il n'est pas sans intérêt de noter que les agronomes d'aujourd'hui se réclament bien mieux et bien plus justement de leurs authentiques ancêtres que des économistes théoriciens. Tel fut d'ailleurs l'avis des Grégoire, des François de Neufchâteau et des Léonce de Lavergne. M. Bourde ajoute que les agronomes n'ont pas fait de l'amélioration un but scientifique abstrait, une sorte d'art pour l'art appliqué à l'agriculture. Ils ont répondu au contraire à un souci à la fois humain et politique; ils ont eu en vue l'exploitant agricole et la prospérité de la première industrie nationale. Ils ont été hantés par l'idée de progrès, ils ont été séduits par la notion de révolution agricole et si on peut les accuser, comme l'a fait Marc Bloch, d'un optimisme facile, leur bonne volonté n'est pas plus contestable que leur esprit scientifique. Ont-ils promu de leur temps la révolution qu'ils souhaitaient? Ils ont eu sans doute des succès mais il faut bien avouer qu'à la fin de l'Ancien Régime la campagne française demeurait isolée, soumise à ses structures traditionnelles, à ses routines, et une période

considérable s'écoulera avant qu'elle n'évolue de façon perceptible grâce aux facilités multipliées des moyens de communication et à l'appel d'une économie de débouchés.

Est-il besoin de dire ici qu'une œuvre immense et d'une particulière actualité demeure à accomplir. Puissent les agronomes, les vulgarisateurs, les conseillers de gestion, les agriculteurs et les chercheurs trouver dans l'ouvrage de M. Bourde des raisons supplémentaires pour s'y attacher passionnément, riches, comme leurs grands ancêtres, de science et de foi.

Nous déposons cet ouvrage sur le bureau de l'Académie, en demandant son renvoi à la Section d'Économie rurale, et en émettant le souhait que notre Compagnie par son autorité, que les grandes Organisations agricoles par leur aide morale et financière, aident à l'édition de ce grand ouvrage historique sur l'agronomie.

Présentation de la revue :

« FOURRAGES »

M. Bustarret. — Pour vous présenter cette revue nouvelle, je devrais me contenter de vous lire l'avant-propos que notre Confrère L. Der Katchadourian a écrit à l'intention des lecteurs de son 1er fascicule.

« Fourrages » est en effet l'organe de la toute jeune Association française pour la production fourragère, dont notre Confrère est le Président d'honneur.

Si cette Association est jeune — elle a été fondée en septembre dernier — ses fondateurs sont liés les uns aux autres par une longue amitié. Ce sont en effet les membres de l'équipe qui, venue d'horizons très divers, anime depuis quinze ans l'effort de recherches, de sélection, d'expérimentation, de vulgarisation, qui a amené, dans notre pays une profonde transformation des techniques de la production et de l'utilisation des fourrages, une révolution, ont dit certains.

Comme j'ai eu le plaisir de le dire à Monsieur le Ministre de l'Agriculture, venu présider l'Assemblée constitutive de l'Association, cet effort et ses résultats sont de ceux qui font honneur à notre pays.

Vers 1945, il est apparu que le développement de nos productions animales était une nécessité et pourrait être une des chances de l'Agriculture française.

Or, l'un des postes les plus importants du coût de production de la viande et du lait est, sans conteste, la nourriture des animaux. Et le seul moyen d'augmenter les possibilités de production et de diminuer le prix de revient de l'unité fourragère est de rechercher une augmentation et une meilleure utilisation des unités fourragères que l'on peut produire sur la ferme.

S'appuyant sur les constatations et expériences de nos herbagers, sur les résultats obtenus par quelques précurseurs, comme L. Der Katchadourian, sur les expériences étrangères, sur les leçons fournies par l'amélioration d'autres productions végétales, un certain nombre de chercheurs, de professeurs, de techniciens, de vulgarisateurs et de professionnels se sont mis à l'œuvre. Ils ont cherché, essayé, discuté, collaboré, et abouti non à une « doctrine » française de la production fourragère, mais à des solutions adaptées aux conditions très diverses de notre agriculture et de notre élevage, maintenant appliquées sur des centaines de milliers d'hectares.

A diverses reprises, d'ailleurs, notre Compagnie a été informée de l'avancement de ces travaux, de leurs résultats et parfois même des controverses auxquelles ils ont donné lieu.

La nouvelle Association a pour objet de fournir, à tous ceux que ces

problèmes intéressent et souvent passionnent, l'organisme de liaison, le lieu de rencontre, qui leur manquait.

Son rôle sera de diffuser des informations et des documents, de permettre la confrontation des expériences des uns et des autres, de faciliter le perfectionnement de techniques en continuelle évolution, d'apporter son appui aux actions concertées de tous ordres. Sur le plan international, elle assurera à l' « École » française une représentation analogue à celle que des Associations nationales du même type assurent déjà dans de très nombreux pays aux techniciens des fourrages.

L'un des instruments essentiels de l'Association sera précisément la revue trimestrielle que je vous présente aujourd'hui. Ses animateurs ont cherché à y associer l'élégance de la présentation et la solidité du fond. Elle a l'intention de publier des travaux originaux et des mises au point, et de se placer à un niveau intermédiaire entre celui des publications à proprement parler scientifiques et des articles de simple vulgarisation. Elle compte aborder à la fois des problèmes techniques et des problèmes économiques.

En lui souhaitant un plein succès, je demanderai la permission à mon ami Der Katchadourian d'exprimer à mon tour ma conviction que, selon les expressions qu'il a empruntées à de vieux auteurs, la revue « Fourrages » contribuera à faire « du pré la pièce glorieuse de la maison » et à mettre fin à la « dispute du pasteur et du laboureur ».

Présentation d'un ouvrage :

« LES FONDS SPÉCIAUX » INTÉRESSANT L'AGRICULTURE

M. Petitlaurent. — Je profite de l'occasion qui m'est offerte pour rappeler tout l'intérêt que présente la revue « *Chambres d'Agriculture* », dont le gérant est notre confrère M. F. Houillier, et surtout ses suppléments, encartés dans chaque livraison.

Il s'agit souvent d'études particulières que l'on ne retrouve pas ailleurs, du moins dans une forme facilement accessible, de renseignements rassemblés un peu hâtivement quelquefois, mais fort utiles, surtout si l'on précise que des mises à jour sont publiées lorsque de nouveaux textes ont sérieusement modifié la documentation précédemment publiée.

Un exemple caractéristique de cette efficacité nous est fourni par le supplément n° 189 de la revue, en date du 1er février 1960 consacré aux « Fonds spéciaux intéressant l'Agriculture ».

Le Gouvernement, en vue de financer les opérations débordant le cadre du budget ordinaire de l'État, a recours de plus en plus à des « fonds » alimentés, soit par des crédits budgétaires, soit par des ressources extra-budgétaires, soit par les deux à la fois. Cette prolifération des fonds que l'on constate depuis 1940, est liée à l'intervention de plus en plus importante de l'État, dans les *investissements* du secteur privé.

D'autre part, l'insuffisance des crédits budgétaires affectés à la réalisation de certains projets que l'Administration considère comme nécessaire a conduit l'État à autoriser depuis 1940, les organismes professionnels à se procurer par d'autres moyens les ressources indispensables.

Cette raison, ainsi que le jeu de la loi des maxima qui impose, pour toutes dépenses nouvelles, l'obligation de prévoir la recette correspondante explique le très grand nombre de taxes parafiscales, spécialement dans le domaine agricole (*et dont la liste précise a été dressée dans la dernière loi de Finances*).

Enfin, pour la répartition des crédits exceptionnels qu'il a mis à la disposition de l'économie, l'État utilise les services de certains établissements bancaires spécialisés qui sont des établissements publics de l'État comme, par exemple, la Caisse nationale de Crédit agricole.

***

Il ne s'agit que d'une première étude portant sur les « fonds » intéressant l'agriculture, d'une part Le Fonds de Développement économique et social, d'autre part, les autres fonds spéciaux du Trésor : *comptes de commerce, comptes d'affectation spéciale*.

Il est prévu qu'une seconde étude portera sur les organismes ou fonds bénéficiant de taxes parafiscales parmi lesquels figurent :

— *le Fonds d'amortissement des charges d'électrification rurale ;*

— *les Fonds agricoles de garantie des accidents de travail, de prévoyance des blessés de guerre, de rééducation professionnelle des mutilés du travail, de solidarité des employeurs, de majoration des rentes d'accidents du travail ;*

— *les Fonds d'amélioration de l'Habitat.*

Enfin le Budget annexe des Prestations sociales agricoles dont je vous ai récemment entretenu fera l'objet d'une étude ultérieure.

***

En ce qui concerne la présente étude, une première partie regroupe les principaux fonds économiques de caractère général auprès desquels les entreprises de toute nature peuvent trouver un concours financier, en particulier :

— le Fonds de Développement économique et social.

L'auteur après l'analyse des possibilités des sections de ce fonds :

a) équipement industriel, agricole, commercial et touristique ;

b) d'adaptation industrielle et agricole ;

c) de la productivité ;

d) de la construction ;

fait apparaître le montant des sommes permettant des prêts et investissements à caractère agricole :

— le Fonds national d'Aménagement du territoire ;

— le Fonds spécial d'Investissement routier qui comporte des tranches vicinales et rurales.

La seconde partie est plus spécialement consacrée aux fonds d'intérêt agricole ou rural que nous ne pourrons qu'énumérer :

A) Le Fonds de Garantie mutuelle et d'Orientation de la Production agricole qui retrace les interventions de l'État sur les marchés :

— soit sous la forme d'octroi d'avances, de prêts, de garanties ou de subventions aux sociétés professionnelles ou organismes chargés des opérations d'achat, de stockage, et de vente destinés à assurer l'équilibre des marchés agricoles ;

— soit toutes mesures tendant à provoquer l'évolution de ces marchés, en particulier par la réduction des cultures excédentaires et l'encouragement des productions nouvelles.

B) Le Fonds d'Assainissement du Marché de la Viande qui intervient par des subventions à l'exportation, financement de la S.I.B.E.V., aide à la recherche agronomique, garantie et avances à des circuits témoins.

C) Le Fonds de Prophylaxie des Maladies des Animaux.

D) Le Fonds d'Assainissement du Marché du Lait et des Produits laitiers (*achats, stockage, subventions, propagande, recherches, etc.*).

E) Le Fonds de Soutien et de régularisation du Marché des Oléagineux fluides alimentaires.

F) Le Fonds d'Encouragement a la Production textile.

G) Le Fonds forestier national.

H) Le Fonds national pour le Développement des Adductions d'Eau.

l) Le Fonds national de la Vulgarisation du Progrès agricole.

Cette trop sèche énumération vous permet de vous rendre compte de l'intérêt que présentent des fascicules de ce genre qui nous permettent d'avoir rapidement une vue panoramique et synthétique des divers moyens d'intervention de l'État en matière agricole et d'en mesurer les résultats favorables ou les insuffisances.

M. Rouy. — Je voudrais simplement ajouter une observation à propos des Fonds dont on vient de parler dans la seconde partie de la communication, c'est-à-dire des Fonds de régularisation des marchés pour attirer l'attention de l'Académie sur la souplesse nécessaire que doivent avoir ces Fonds.

Il y a un exemple très précis. Pour l'année 1959, la situation du marché de la viande a nécessité une intervention particulièrement importante à la fois sur le bœuf et sur le porc. Il a fallu stocker en quelques mois environ 40 000 tonnes de viande, ce qui représentait une très grande sortie d'argent, et les ressources du Fonds d'assainissement de la viande, qui étaient de l'ordre de 5 à 6 milliards, ont été très insuffisantes pour faire face à cette avance. Il s'agit là essentiellement d'avances de trésorerie et non pas d'avances définitives, mais il faut quand même « sortir » l'argent.

A ce sujet, l'État a fait preuve d'une souplesse qui n'est pas toujours de règle en matière administrative, en permettant des virements d'un Fonds sur l'autre. Alors que la viande avait avancé de l'argent au lait, l'année précédente, lorsqu'il était en difficulté et que la viande se tenait bien, cette fois-ci, cela a été l'inverse. On a fait appel ensuite aux ressources du Fonds de garantie mutuelle qui est en quelque sorte le Fonds des « sans Fonds », de ceux qui n'ont pas de Fonds spécial. On a même fait appel à des avances de banques privées pour augmenter l'aide à apporter.

C'est une notion assez nouvelle dans le fonctionnement de ces fonds administratifs et je crois qu'on ne peut que s'en féliciter.

M. Garnier. — Je crois devoir souligner le caractère de précarité de l'aide apportée par les « Fonds spéciaux », qui viennent d'être énumérés, à l'agriculture et à l'économie nationale. Nous savons bien que les experts financiers, ayant reçu une solide et traditionnelle formation, sont choqués par la multiplicité et la diversité des Fonds alimentés par des taxes parafiscales. Cet état de choses est en contradiction avec le dogme de l'unité budgétaire et scandalise tous ceux qui restent attachés à la stricte orthodoxie financière telle qu'elle était enseignée au début de ce siècle.

Le travail qui vient d'être analysé par M. Petitlaurent donne une idée précise des Fonds spéciaux et des taxes qui les alimentent, Fonds et taxes qui ont donné lieu à de vives critiques et à de redoutables offensives. On a dû reconnaître qu'il était bien difficile, sinon impossible, de les supprimer, sans inconvénients graves.

Les taxes parafiscales ont l'avantage d'associer les efforts des professions intéressées à ceux de l'État.

Il est regrettable que Fonds spéciaux et taxes puissent être mis en discussion chaque année, au moment de la préparation du budget national et à l'occasion des discussions parlementaires (ou de ce qui en reste!).

Il serait très désirable que l'existence des Fonds spéciaux et leur financement parafiscal soient assurés pour un certain nombre d'années. Faute de quoi, on risque toujours de voir annihiler les efforts les plus méritoires.

En outre, comme l'a fort bien souligné mon excellent ami Rouy, il faut souhaiter que les Fonds spéciaux puissent être gérés et utilisés, — sous réserve de tous les contrôles indispensables — avec le maximum de souplesse, de rapidité et d'efficacité. Dans un grand nombre de cas, les contrôleurs financiers assument une tâche difficile avec une très grande

compréhension et une largeur de vues qui savent concilier les règles financières et les nécessités économiques.

En résumé, les Fonds spéciaux et les taxes parafiscales qui les alimentent sont d'une incontestable utilité. Il convient d'en assurer la permanence, la souplesse de fonctionnement et d'utilisation, conformément aux besoins de l'agriculture et à l'intérêt général.

M. le Président. — L'exposé de M. Petitlaurent, qui montre combien s'affirme le dirigisme en agriculture, me conduit à évoquer une série de conférences qui furent faites, il y a vingt-cinq ans, à l'Institut national agronomique, sous les auspices de notre regretté Confrère M. de Felcourt, et où les questions de libéralisme et de dirigisme furent précisément fort bien étudiées.

Certaines opinions qui, à l'époque, paraissaient fort hardies et presque subversives sont aujourd'hui très dépassées dans les faits. Les marchés sont devenus aujourd'hui tellement complexes que l'on comprend qu'une intervention des Pouvoirs Publics ait été nécessaire. Mais cette intervention se fait de plus en plus pressante et elle est susceptible d'entraîner, non pas seulement dans l'ordre économique, mais aussi dans l'ordre social, des conséquences auxquelles on doit demeurer très attentif.

MATIÈRE ORGANIQUE ET AZOTE DES SOLS DE LA MOYENNE-GUINÉE ET RELATIONS AVEC LES RENDEMENTS DES CULTURES

par **R. Fauck** (*)

Présentation par **M. Aubert.** — De grands travaux sont, depuis plusieurs années, en cours en Moyenne-Guinée pour y installer un barrage sur l'une des rivières descendant du Fouta Djalon, le Konkouré, et grâce à l'énergie électrique qui pourra y être produite, mettre en place un complexe industriel-urbain dont l'activité principale comportera la transformation du minerai de cuirasses bauxitiques, si abondant dans toute cette région, en alumine, puis, dans un stade ultérieur, en aluminium.

Un tel fait doit provoquer une très profonde transformation de l'économie rurale de toute cette partie de cet État, non seulement par suite du déplacement obligatoire de certaines populations des zones qui seront recouvertes par le lac constitué derrière le barrage et par suite de la constitution d'une concentration humaine très importante en des points très peu habités actuellement, mais aussi par suite de l'influx, dans ce pays, de moyens monétaires importants correspondant aux salaires payés aux ouvriers de ce barrage et de ces usines.

Il est donc inévitable que l'économie rurale du pays soit transformée à la fois dans les zones du barrage et du nouveau centre urbain et dans les zones voisines qui seront indirectement touchées.

Le Gouvernement français, avait, les années dernières, mis sur pied une « Mission d'Aménagement Régionale de la Guinée » qui était chargée de toutes les études nécessaires : pédologiques, agronomiques, géographiques, socio-économiques. L'Office de la Recherche scientifique et technique Outre-Mer avait fourni les chercheurs correspondants.

En particulier, une vaste enquête agricole, très détaillée, avait été entreprise sur les zones déclassées par suite des travaux et sur celles de recasement des populations ainsi que sur les régions naturelles voisines.

Divers rapports ont été publiés dont plusieurs ont constitué un numéro spécial des « Cahiers de l'O.R.S.T.O.M. » (Opération Konkouré-Boké). Des résultats, de portée assez générale, peuvent en être tirés sur divers plans. M. R. Fauck l'a fait sur celui des relations entre les carac-

(*) Maître de Recherches de l'O.R.S.T.O.M.

tères des sols et les rendements des cultures. Tel est, en fait, le sujet de la communication que j'ai l'honneur de présenter, de sa part, à notre Académie.

Note de **M. Fauck.** — Une enquête agricole par sondages s'est effectuée en 1958 en Moyenne-Guinée (République de Guinée). Sur 50 p. 100 des champs tirés au sort de l'étude, on a prélevé des échantillons de terre de l'horizon de surface (0,15 cm), en vue d'une analyse complète ultérieure. En même temps le type de sol était déterminé par sondage. Les 500 prélèvements se rapportent à 13 types de sols qui se classent de la façon suivante :

A) Sols peu évolués

— Groupe des rankers d'érosion :
  n° 12 : sol gravillonnaire sur cuirasse sur grés ;
  n° 15 : sol gravillonnaire sur cuirasse schisto-doléritique.
— Groupe des sols d'apport :
  n° 45 : famille des sols rouges sur éboulis doléritiques.

B) Sols évolués sur place

a) Classe des sols à hydroxydes fortement individualisés et à matière organique fortement minéralisée :
— sous-groupe des sols beiges faiblement ferrallitiques:
— famille sur chistes et colluvions schisteuses :
  n° 27 : sol beige argileux ;
— famille sur grès :
  n° 21 : sol sur éluvions gréseuses ;
  n° 11 : sol sur colluvions sableux ;
  n° 22 : sol sur dalle de grès ;
  n° 23 : sol beige lessivé profond ;
  n° 13 : sol sur cuirasse ;
  n° 24 : sol beige sableux ;
— sous-groupe des sols fortement ferrallitiques :
  n° 41 ; sol rouge sur schisto-doléritique.
b) Classe des sols hydromorphes :
  groupe à engorgement temporaire de surface et permanent de profondeur :
  n° 60 : famille sur dalles gréseuses ;
  n° 62 : famille sur colluvions schisto-doléritiques.

L'étude des taux de matière organique a permis de regrouper tous ces sols en cinq classes typiques (prélèvements effectués en fin de saison des pluies) :

a) sol 24 : moyenne 1,87 p. 100 de matière organique ;
b) sols 21, 11, 22, 23, 13 (famille sur grès) de 2,74 à 3,50 p. 100 ;
c) sols 12 et 41 : 5,06 et 5,41 p. 100 ;
d) sols 60 et 62 (hydromorphes) ;
  15 et 45 (sur schisto-doléritique) : 6,73 à 8,27 p. 100 ;
e) sol 27 (sur schistes) : 9,11 p. 100.

On a remarqué alors que ce classement était exactement le même que celui établi pour l'argile, les sols hydromorphes en particulier n'étant pas les plus riches en matière organique. Ce point est confirmé par le calcul de la corrélation M.O. × argile (pour N = 13) hautement significative R = + 0,7732 (à 0,01). L'étude de cette même corrélation faite non plus pour l'ensemble des échantillons mais à l'intérieur d'un même type pédologique, conduit à un résultat identique.

Par exemple pour le sol 12 (beige gravillonnaire)

R = + 0,4470 (à 0,01 pour N = 63).

Indépendamment d'une variation statistique normale des taux de carbone à l'intérieur de chaque type de sol, on constate donc que les taux de matière organique sont essentiellement en relation avec les quantités d'argile de l'horizon A, quelque soit la place de ces sols dans la classification, et quelle que soit l'importance de l'évolution due au passé cultural.

Il semble donc difficile de vouloir augmenter les taux de matière organique d'un sol au-delà d'une certaine limite définie par la texture de ce sol et par l'environnement climatique. Cela pourrait expliquer certains insuccès pour augmenter la teneur des sols en matière organique par le moyen de l'enfouissement des engrais verts.

Par l'analyse d'un sol et la comparaison des résultats avec les valeurs, non de la moyenne arithmétique, mais du mode (classe de la plus grande fréquence) d'un nombre de résultats d'analyses effectuées sur des terres en bon état cultural, on peut donc définir si ce sol est anormalement pauvre en matière organique ou si sa teneur ne peut être que faiblement augmentée, du moins de façon stable.

Pratiquement donc on peut déduire des conclusions agronomiques réalistes adaptées à chaque type pédologique.

L'étude des taux d'azote a permis de séparer quatre groupes :

a) sols 21, 22, 23, 24 et 13 : de 0,08 à 0,11 p. 1 000 de moyenne (il s'agit toujours de la moyenne arithmétique à laquelle est associé un coefficient de variation) ;

b) sols 11, 12 et 41 : de 0,17 à 0,18 p. 1 000 ;

c) sols 60 et 62 (hydromorphes) : de 0,24 à 0,28 p. 1000 ;

d) sols 15, 45 et 27 : de 0,30 à 0,36 p. 1000.

Dans tous les sols les coefficients de variation de l'azote sont toujours plus élevés que ceux de la matière organique qui leur correspondent.

Le taux d'azote semble donc être plus en rapport avec le passé cultural des parcelles que celui de la matière organique, et il n'a d'ailleurs pas été possible de le mettre en corrélation hautement significative avec l'argile ou un autre élément du sol. Ce n'est que dans certains types que les corrélations :

$$\frac{\text{M.O.}}{N_2 \text{ total}} \times \frac{N_2}{P_2O_5 \text{ total}}$$

ont été trouvées juste significatives, cela bien que l'on ait affaire à une région peu étendue, homogène géographiquement, et à des cultures faites selon les méthodes locales et toujours sans engrais organiques ou chimiques.

Les moyennes faites sur les séries de C/N montrent que cette valeur calculée sur un rapport de deux variables, a des coefficients de variation nettement plus faibles que ceux des C et N correspondants, utilisés dans les calculs. Cette faible dispersion des C/N surprend aussi quand on s'aperçoit qu'il n'y a pas de différences significatives entre les types de sol, comme il y en a pour le carbone et l'azote. Il semblerait donc que les valeurs de C/N soient plus en rapport avec le type climatique de la région, qu'avec les données pédologiques ou même agronomiques.

Tous ces résultats analytiques ont été rapprochés des rendements moyens hectares des cultures faites sur les parcelles correspondantes, ces cultures étant uniquement : l'arachide, le fonio et le riz, séparées par variétés ou par groupes de populations variétales.

Le point essentiel est que l'ordre de classement des sols du point de vue fertilité est très différent selon les trois cultures. Ainsi le sol donnant les meilleurs rendements pour l'arachide, est typiquement des plus mauvais pour les riz de culture pluviale.

Ce résultat logique confirme la notion d'aptitude culturale des sols, les indices de rendements des principaux types étant :

Sol	Arachide	Riz	Fonio	Taux	
				M.O. %	N_2 ‰
27	107,3	162,0	124	9,11	0,36
41	107,9	130,0	124	5,41	0,18
15	124,6	119,2	124	7,72	0,30
12	133,7	168,2	124	5,13	0,17
21	142,1	152,7	135	2,74	0,08
24	187,1	100	100	1,87	0,10

Pour l'arachide il semblerait que les rendements soient en raison inverse du taux de carbone; en fait, c'est la teneur en sables qui a été le facteur prépondérant quels que soient les taux de matière organique, du moins pour tous les cas où le pourcentage d'argile dépasse 15 p. 100.

Ensuite ce sont les éléments échangeables qui sont essentiels, bien qu'il y ait entre eux et la matière organique une corrélation significative (à 0,05).

Pour les riz, il y a une relation entre les taux de matière organique et d'azote et les moyennes des rendements parcellaires, mais les coefficients de corrélation calculés, même pour l'azote, ont toujours été à peine significatifs. Cela provient des multiples facteurs qui jouent dans la détermination du rendement, et n'exclue en aucun cas la possibilité d'une efficacité des engrais azotés.

Notons alors que le meilleur coefficient de corrélation trouvé à 0,001 (très hautement significatif) l'a été pour matière organique × capacité d'échange T, ce qui est logique, mais demandait à être chiffré. Cela vérifie bien l'importance du taux de matière organique dans la mise à la disposition des plantes des éléments échangeables. Cependant, on a vu précédemment que ces taux de matière organique ne suffisaient pas pour définir une échelle de fertilité générale, et, d'autre part, que leur augmentation était limitée dans chaque type de sol.

SUCRE, NON-SUCRE ET ACIDE GLUTAMIQUE DANS LA BETTERAVE SUCRIÈRE : CAMPAGNE 1959

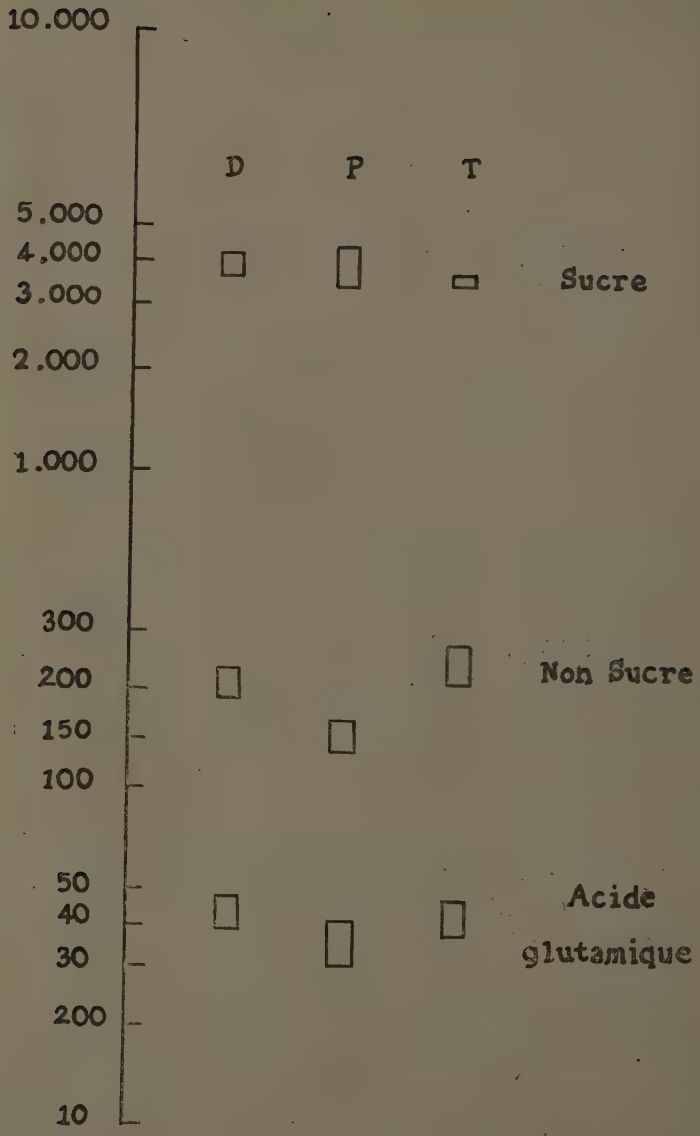
par **M. J. Vellard**

(*Note présentée par* **M. J. Dufrenoy**)

Dans une note précédente, nous avions indiqué, à la suite de dosages effectués au cours du cycle de végétation, qu'il était possible de « prévoir » la date « optima » d'arrachage, c'est-à-dire la date correspondant au stade où la racine de betterave peut fournir le maximum de sucre récupérable pour un minimum de « non-sucre » et un maximum d' « acide glutamique ».

Ces résultats avaient été acquis au cours de la campagne 1958 à la suite d'analyses faites à partir du « parenchyme total », c'est-à-dire au départ des morceaux de betterave.

En 1959 nous avons perfectionné notre technique, en faisant porter


10.000
D
P
T
5.000
4.000
3.000
Sucre
2.000
1.000
300
200
Non Sucre
150
100
50
40
Acide
30
glutamique
200
10

nos analyses sur un jus extrait, par essorage, et déféqué, comme on pourrait le faire en sucrerie : nous avons ainsi mis au point une technique permettant, trente heures après prélèvement de l'échantillon, de faire connaître les résultats de l'analyse.

Malgré les caractères exceptionnels de la saison 1959 nous avons pu confirmer l'essentiel des conclusions relatives à nos travaux de 1958, à savoir : intérêt de l'arrachage précoce, valeur du collet (v. tabl.).

Rendements en kilogrammes par hectare, au 173e jour : (S) sucre; (N-S) « non-sucre » ; (G) acide glutamique.

TABLEAU I

		D	P	T
S	C	4 209	4 801	3 679
	R	3 760	3 360	3 315
	d	429	441	364
N-S	C	237	166	276
	R	198	130	235
	d	39	36	41
G	C	48,8	41,4	47,8
	R	39,8	31,6	37,5
	d	9	9,8	10,5

Les rendements et les rapports sont indiqués comparativement (tabl. I) pour les racines « décolletées » (R) et « entières » (C). Les différences de rendement (*d*) en kilogrammes par hectare sont toutes en faveur des racines traitées avec leur collet, sans aggravation appréciable de non-sucre ou du rapport non sucre/sucre, ainsi que le montre le graphique où sont portés, en ordonnées sur échelle logarithmique; les rendements (en kg/ha) de sucre, non sucre et acide glutamique pour les betteraves non décolletées (sommet de chaque rectangle) ou décolletées (base de rectangle) pour (D) Diploïdes (segmentées Legland), (P) Polyploïdes et (T) Triploïdes.

POSSIBILITÉS DE PRODUCTION DE CELLULOSE A PARTIR DU SORGHO DANS LE SUD-OUEST

par **Marcel Dupuy**

(*Note présentée par* **M. Henri Gaussen**)

Choix des variétés

L'accroissement continu des besoins en cellulose et en pâte à papier préoccupe depuis longtemps les pays importateurs de ces matières premières. L'utilisation de diverses plantes annuelles paraît susceptible de remplacer, à cet égard, certaines essences forestières. Depuis peu, l'attention est attirée sur les possibilités d'emploi du sorgho dont la culture se maintient çà et là à des fins diverses (sorgho à balais, sorgho à grains, sorgho-fourrager) dans les régions méridionales.

Les données bibliographiques concernant l'emploi de cette plante pour la fabrication de pâte de cellulose sont peu nombreuses, fragmentaires ou imprécises.

Avant de s'engager plus avant dans des essais culturaux et industriels

d'une certaine envergure, il nous a paru indispensable de préciser un certain nombre de données de base : choix des espèces et variétés, études morphologique, anatomique et biologique des formes les plus intéressantes, mise au point des techniques culturales les mieux adaptées à la région méridionale et, enfin, examen du rythme de formation de la cellulose et des possibilités de rendement en pâte de cellulose.

Au point de vue systématique les formes les plus aptes à la production de cellulose appartiennent à l'espèce *Sorghum dochna v. technicum*. La variété dite *corymbosum Hack*, résulte simplement d'une modification de structure de l'inflorescence de la *v. technicum*, en semis dense.

Quatorze variétés, lignées ou populations d'espèces différentes ont été étudiées en 1957 et 1958, ce sont (1) :

Standard Broom Corn (*S. dochna v. technicum*) et Wintersome (*S. caffrorum*) originaires, le premier des U.S.A., le second d'Afrique du Sud-Est.

Congo-Sané, lignées nos 62, 64 et 65 (*S. cernuum v. orbiculatum*) en provenance d'A.O.F.

Dari (*S. durra*) originaire d'Algérie.

Deux populations originaires du Tarn-et-Garonne, deux du Vaucluse, une de la Haute-Garonne (*S. dochna v. technicum*).

Types A. et G. (*S. dochna v. technicum*) deux populations que nous a fait parvenir fort aimablement M. R. Escourrou pour être inclus dans nos essais.

L'étude anatomique entreprise révèle peu de différences entre les variétés et populations. L'importance des tissus de soutien fibreux qui entourent les faisceaux libéro-ligneux de la tige augmente avec l'âge de la plante pour atteindre son maximum à la maturité du grain.

L'étude des *phases de développement* a permis d'apporter diverses précisions sur les rapports de la plante avec le milieu :

— *Phase semis-levée :* pour une profondeur de semis de 2 à 3 centimètres la somme des températures moyennes journalières nécessaire à l'accomplissement de cette phase est d'environ 167^0 pour les variétés indigènes ; elle s'élève à 192^0 pour les types subtropicaux.

— *Les exigences en eau* paraissent relativement modestes puisqu'en 1958, le total des précipitations pour la phase levée-maturité, qui n'atteint que 190 millimètres à Toulouse, a permis une végétation normale contrôlée par l'importance des rendements (voir tabl. I).

Comme pour la plupart des autres céréales, la *précocité relative* des variétés de Sorgho repose sur la durée de la phase levée-floraison (73 à 82 j) alors que la phase floraison-maturité est pratiquement constante (36 à 37 j).

— *Le rythme de croissance* (accroissement de la matière sèche en fonction du temps) est représenté par une courbe en S classique. Toutefois, deux faits importants méritent d'être signalés :

— la vitesse de croissance de la population Haute-Garonne est la plus rapide bien que cette variété ne soit pas la plus précoce ;

— l'accroissement en matière sèche se trouve ralenti pendant la période chaude à forte évaporation qui va du 18 août au 15 septembre 1958 (fig. 1).

L'influence des techniques culturales sur le rendement et ses composantes est extrêmement importante ; elle peut se résumer comme suit :

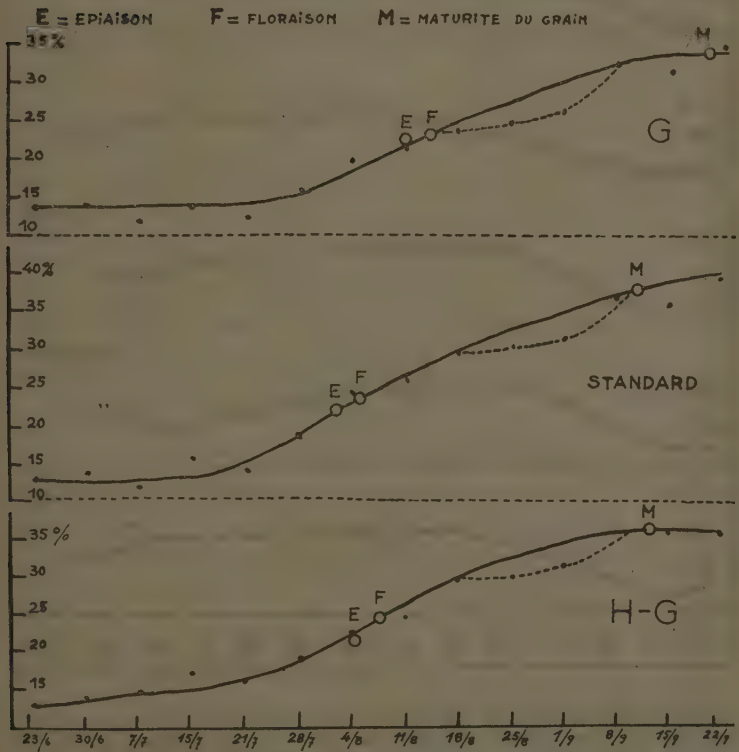
— les fortes densités de semis (300 grains /m²) augmentent la hauteur des tiges, diminuent le nombre d'entre-nœuds et le poids individuel de la plante. Mais ces réductions sont largement compensées par l'accroissement de la densité de peuplement. Le rendement total (paille + grain) des semis denses (300 grains /m²) dépasse celui des semis clairs (150 grains /m²) de 31 à 10,4 p. 100 selon les variétés ; mais, comme il

(1) Tous nos remerciements sont à adresser ici à ceux qui ont bien voulu nous aider dans la recherche et l'obtention de semences de diverses origines.

fallait s'y attendre, la part du grain dans la récolte totale s'abaisse dans les semis denses de 13 à 33 p. 100 selon les variétés. Les écarts les plus importants s'observent, évidemment, chez les variétés « granifères » comme Tarn-et-Garonne et Standard (tabl. I).

FIG. 1

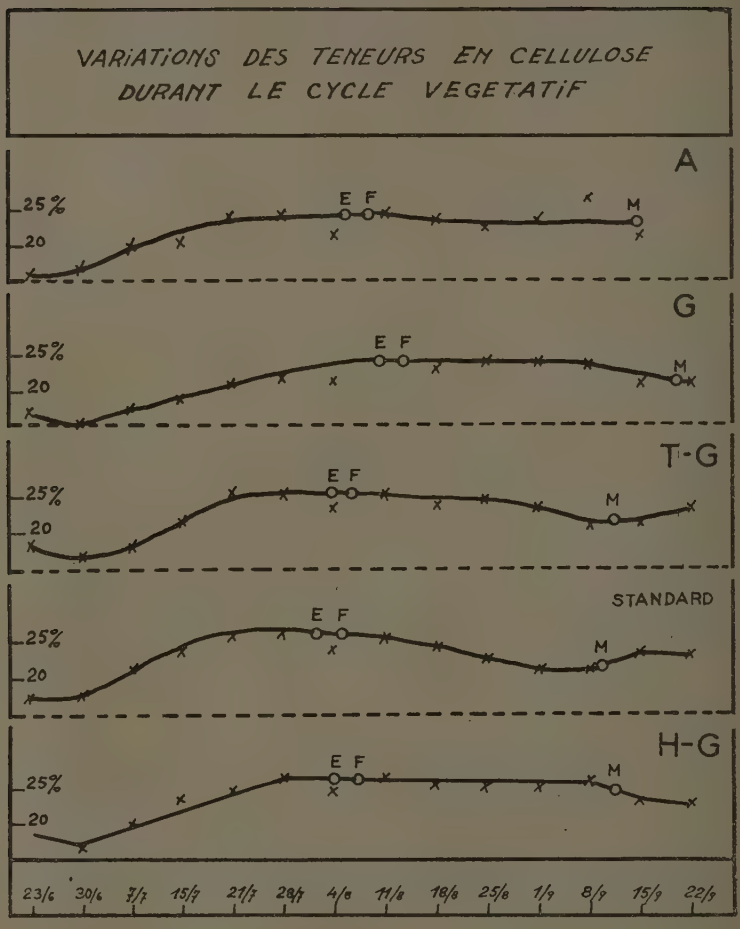
VARIATIONS DE LA TENEUR EN MATIERE SECHE EN FONCTION DU TEMPS



La *date de semis* exerce sur les rendements une action capitale, beaucoup plus marquée sur la paille que sur le grain. La réduction du rendement en grain n'est que de 15 p. 100 entre les dates extrêmes : 16 mai-15 juin ; mais elle atteint 64 p. 100 pour la paille. Le semis précoce se révèle donc indispensable pour la production de cellulose.

L'influence du facteur « variété » se manifeste de façon différente selon la densité du semis. Des essais plus complets devraient être réalisés

FIG. 2



pour préciser exactement les phénomènes d'interaction. On peut dire, cependant, qu'une forte densité de semis réduit l'action du facteur variétal, les rendements en paille étant beaucoup plus rapprochés en semis dense qu'en semis clair. Il faut retenir toutefois que la population « Haute-Garonne » aux aptitudes mixtes (grain + paille) se classe toujours en tête des variétés essayées et que sa productivité est relativement peu influencée par la densité de semis.

TABLEAU I

RENDEMENTS COMPARÉS DE LA RÉCOLTE 1958
EN FONCTION DE LA DENSITÉ

		POIDS SEC DU GRAIN EN KG /HA	POIDS SEC DE LA RÉCOLTE TOTALE (PAILLE + GRAIN) EN KG /HA	RAPPORT GRAIN-POIDS TOTAL EN %
Standard	D	2 140	15 560	13,8
	d	3 200	13 250	24,2
G. . . .	D	1 730	15 330	11,3
	d	2 110	14 630	14,4
A. . . .	D	1 930	16 600	11,6
	d	2 650	15 320	17,3
T-G. . .	D	2 530	15 540	16,5
	d	3 420	13 540	25,3
H-G . .	D	2 540	17 280	14,7
	d	3 510	18 070	19,4

D = 300 grains germant au mètre carré.
d = 150 grains germant au mètre carré.

TABLEAU II

TENEURS DE LA PAILLE EN PATE DE CELLULOSE ANHYDRE PAR VARIÉTÉ
EN FONCTION DE LA DENSITÉ ET DE LA DATE DE SEMIS

	PATE DE CELLULOSE % DE M.S.	PATE DE CELLULOSE ANHYDRE HA (kg)	PATE DE CELLULOSE	
			% de M.S.	Anhydre par HA (kg)
	D		*d*	
Standard .	32,7	4 388	34,0	3 415
G.	31,4	4 270	32,1	4 019
A. . . . semis du 16/5.	30,8	4 518	32,1	4 065
T-G. . .	32,0	4 163	33,8	3 419
H-G . . .	30,7	4 524	32,6	4 745
H-G semis du 2/6	29,9	4 078		
H-G semis du 2/7	27,3	3 509		
H-G semis du 15/7	24,8	2 661		

Les écarts $<$ 1,6 p. 100 ne sont pas significatifs (P = 0,05).
D = 300 grains germant au mètre carré : *d* = 150 grains germant au mètre carré.

Évolution de la cellulose

L'étude particulière de la production de cellulose a été réalisée par la technique de l'École française de Papeterie de Grenoble (1).

L'extraction de la cellulose (exprimée en pâte de cellulose déshydratée) à partir des échantillons prélevés au cours du cycle végétatif, permet d'aboutir à un certain nombre de conclusions d'ordre physiologique et agronomique intéressantes :

— la teneur en cellulose s'accroît régulièrement jusqu'à la floraison ; elle reste stable ensuite ou s'abaisse légèrement jusqu'à maturité du grain. Après cette date, et surtout pour les variétés précoces, le pourcentage de cellulose augmente à nouveau, l'activité de la végétation se maintenant après la maturité du grain contrairement à ce que l'on observe chez les autres céréales de la zone tempérée (fig. II) ;

— une forte densité de semis abaisse, en général, le p. 100 de cellulose, mais ce phénomène est très largement compensé par l'accroissement du rendement en paille (tabl. 2) ;

— la castration artificielle conduit également à un abaissement de la teneur en cellulose par suite, sans doute, du développement, le long de la tige, de nombreux bourgeons axillaires.

Il en résulte que, dans les meilleures conditions de nos expériences, le Sorgho permet de fournir entre 13 et 18 tonnes de matières sèches par hectare et environ 4 tonnes de pâte de cellulose sèche par hectare ce qui, à priori, dépasse très largement le rendement de la forêt feuillue.

Il ne faut pas oublier qu'à ce chiffre s'ajoute une production de grain variant de 20 à 35 quintaux par hectare. Il apparaît donc que le Sorgho peut constituer, dans les régions méridionales, une source de cellulose particulièrement intéressante. On peut penser que les techniques classiques de l'amélioration des plantes permettront encore d'élever les « performances » signalées dans cette étude.

Mais la transposition sur le plan pratique des résultats qui viennent d'être rapportés exige qu'une solution soit apportée à divers problèmes et en particulier :

— mécanisation de récolte simultanée de la paille et du grain ;

— stockage, transport et conservation des pailles en vue du traitement industriel.

(*École nationale supérieure agronomique de Toulouse. Laboratoire d'Agronomie.*)

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Angibaud (R.). — De l'utilisation de diverses plantes coloniales dans la fabrication des pâtes à papier. *Thèse Ing. Doct. Fac. Sc. Paris*, 1947.

Diehl (R.). — Climat et phases de végétation du blé. *Bull. Soc. Sc. Bretagne*, 1946, XXI.

Escourrou (R.). — Le Sorgho papetier, facteur d'expansion régionale. Extrait de la *Revue « Midi-Pyrénées »*, 1er trim., 1958.

Mansfeldt (R.). — Zur Systematik und Nomenklatur der Hirsen. *Zuchter*, 1952, 614.

Snowden (J.-D.). — The cultivated races of Sorghum. *Adlard and Son Ltd, London*, 1936.

(1) Nous remercions ici bien sincèrement M. le Directeur de l'École Française de Papeterie de Grenoble d'avoir bien voulu nous communiquer cette technique.

SUR L'ORGANISATION DES RECHERCHES D'AGRONOMIE GÉNÉRALE POUR LES PAYS D'OUTRE-MER

CONCLUSIONS ADOPTÉES PAR L'ACADÉMIE D'AGRICULTURE (*)

. . . . . .

L'Académie d'Agriculture de France,

Après avoir discuté à maintes reprises des conditions générales d'organisation de la recherche agronomique, ainsi que des conditions particulières qui doivent répondre aux besoins propres de l'agriculture tropicale dans les États de la Communauté ;

Après avoir entendu les communications de plusieurs de ses membres au sujet du Colloque qui a été réuni au mois de décembre 1959 à Dakar et Abidjan sur le développement de la Recherche scientifique et technique Outre-Mer ;

Appréciant l'importance des résultats déjà obtenus par les organismes existants, qui assurent en continuité les divers stades de la recherche ;

Mais soucieuse de voir améliorer les conceptions et les règles d'action pour l'ensemble des recherches d'agronomie générale ;

Après en avoir discuté, adopte les conclusions ci-après :

I° La priorité qui s'attache aux progrès de l'agriculture dans les États de la Communauté exige l'organisation efficace et souple *d'un Centre de recherches d'agronomie générale* affecté aux régions tropicales.

Selon les nécessités reconnues en la matière, le nouvel organisme doit avoir compétence pour la recherche fondamentale comme pour les divers stades de la recherche appliquée.

II° Sans se réserver le monopole des recherches, le nouvel organisme doit entretenir des liaisons et collaborations permanentes avec les grands établissements scientifiques.

III° Le régime administratif et financier du nouvel organisme doit être conçu de manière que soient assurées l'indispensable continuité d'un programme de recherches, de même que la possibilité de faire appel au concours de compétences extérieures.

IV° Il paraît hautement désirable qu'auprès de l'Autorité responsable soit créé un *Comité scientifique et administratif de coordination* chargé d'assurer l'harmonisation des tâches entre le Centre de recherches d'agronomie générale, les Instituts spécialisés de recherches et les divers établissements scientifiques intéressés.

***

En outre, l'Académie d'Agriculture de France souhaite d'être consultée sur l'organisation des recherches agronomiques dans les pays d'expression française.

(*) *Suite à la discussion ouverte au cours de la séance du 6 janvier 1960 et aux délibérations poursuivies en Commission d'étude.*

SÉANCE DU 17 FÉVRIER 1960

Présidence de M. LETARD

PARMI LES OUVRAGES REÇUS

M. le Secrétaire perpétuel. — De l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (F.A.O.), nous recevons plusieurs documents dont il convient de signaler particulièrement : *Prix des produits agricoles et des engrais en 1958-1959* et *La situation agricole en Europe à la fin de l'année 1959.*

Si la sécheresse de l'année 1959 a pris un caractère exceptionnel, l'attention des techniciens ne se porte pas moins sur *l'intérêt permanent des arrosages de complément.* La question se pose immédiatement des disponibilités en eau et, par suite, des réserves à constituer. A ce sujet, dans la revue « Travaux communaux » (février 1960), l'Ingénieur du Génie rural R. Darves-Bornoz rassemble des données du plus vif intérêt. Il montre la possibilité fréquente de créer économiquement de petits lacs artificiels (que les Italiens ont qualifiés de « lacs collinaires »). Il en souligne les rôles polyvalents : lutte contre les crues et contre les incendies de forêts, abreuvoirs d'alpages et lutte contre les gelées, enfin et surtout base de développement pour l'irrigation de complément. L'auteur indique ensuite quelques réalisations actuelles et il résume les conditions à retenir pour l'établissement d'un projet.

Les problèmes modernes d'équipement, notamment dans les zones rurales, impliquent souvent le groupement de collectivités locales. Les formes de ces groupements peuvent être variées et l'évolution de notre législation tend à faciliter leur constitution. Sur les textes les plus récents, concernant notamment les *Syndicats de Communes* et les *Syndicats mixtes*, une très utile mise au point a été publiée dans la revue « Travaux communaux » de décembre 1959.

Notre Confrère italien M. le Pr Dona dalle Rose nous adresse le rapport d'activité pour 1959 de la Station expérimentale de la culture betteravière, qu'il dirige à Rovigo.

Nous recevons le fascicule 77 des Annales de la Direction du Génie rural et de l'Hydraulique agricole. Cet important volume donnera lieu sans doute à une présentation spéciale. Signalons dès à présent qu'il contient un savant Mémoire de notre Confrère M. Quesnel sur le calcul des remous d'abaissement ou d'exhaussement dans les canaux. L'auteur met ainsi à la disposition des ingénieurs un certain nombre de méthodes et de tables numériques qui facilitent grandement les calculs.

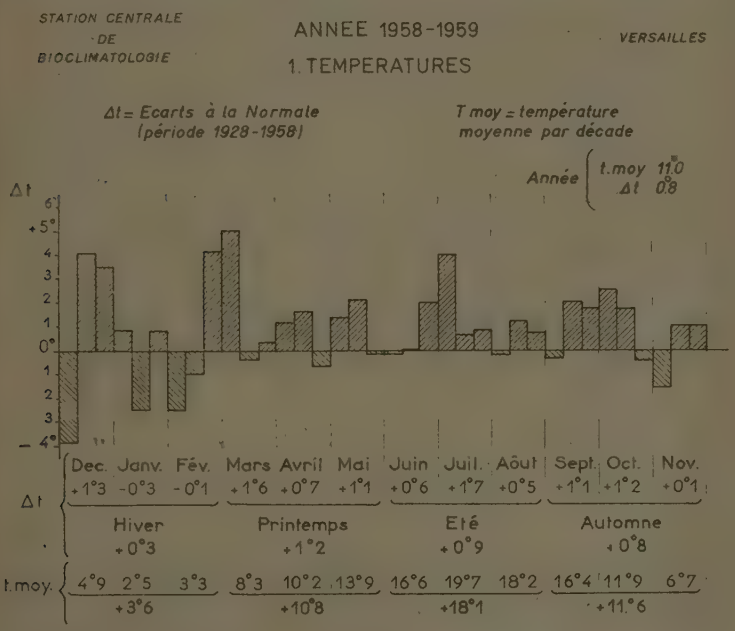
Dans les Cahiers des Ingénieurs agronomes (février 1960), notre Correspondant M. Klatzmann expose clairement *A quoi servent les calculateurs électroniques?* Il choisit plusieurs exemples d'application dans le domaine des questions agricoles.

Par les soins de notre Correspondant M. Rouveroux, nous recevons une série d'études établies par le *Centre algérien d'expansion économique et sociale.* Nous y trouvons le témoignage d'un remarquable effort de progrès dans les divers secteurs de l'économie algérienne.

ASPECTS CLIMATIQUES DE LA CAMPAGNE AGRICOLE 1958-1959

M. H. Geslin. - Au cours de la séance du 21 octobre dernier de notre Compagnie, j'avais déjà été amené à vous entretenir de la sécheresse exceptionnelle qui a été observée dans la moitié Nord de la France et qui restera sans conteste le trait dominant de la campagne agricole 1958-1959.

Aujourd'hui, c'est une vue d'ensemble, bien que schématique, que je dois apporter, suivant une tradition maintenant bien établie, sur l'année qui vient de s'écouler. Si imparfait qu'il puisse être, le cadre précédemment adopté sera conservé. On examinera tout d'abord les observations



effectuées à la Station centrale de Bioclimatologie à Versailles, puis, à la lumière des données publiées par le Service de la Météorologie nationale, on étendra cet examen à l'ensemble de la France.

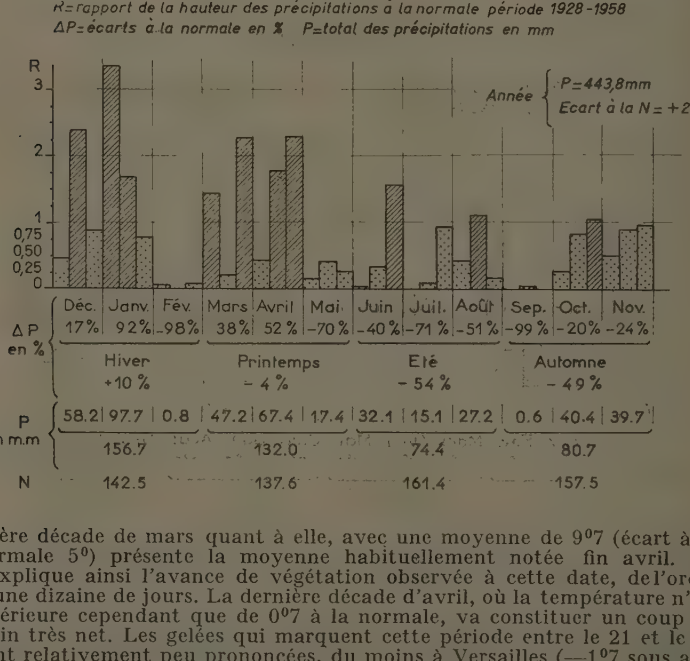
Le temps dans la région parisienne (Versailles)

Le premier graphique (fig. 1) donne la variation de la *température* à Versailles par décades, représentée, non pas par les températures moyennes elles-mêmes, mais par leurs écarts par rapport aux valeurs normales calculées sur la période 1928-1959.

Comme on peut le constater, les écarts positifs l'emportent largement et, de fait, la moyenne annuelle 11°0 est supérieure de près de 1 degré à la normale. C'est la moyenne la plus élevée de notre série, égale à

celle de l'année 1930 (11°0), année par ailleurs la plus pluvieuse observée à Versailles depuis 1928 (905,9 mm) — alors que 1959 est une année sèche (443,8 mm). — et suivie par celle de l'année 1949 (10°9) qui, au contraire, est la plus sèche de la série (382,7 mm). Ce résultat *a priori* un peu paradoxal témoigne des caprices du temps. Une comparaison des années les plus froides conduit évidemment à un résultat analogue.

Les « décades » les plus remarquables se situent en hiver et au début de l'été et de l'automne. En février par exemple la moyenne de température de la dernière décade 7°65 (écart à la normale 4°1) correspond à la température moyenne observée normalement un mois plus tard. La pre-



mière décade de mars quant à elle, avec une moyenne de 9°7 (écart à la normale 5°) présente la moyenne habituellement notée fin avril. On s'explique ainsi l'avance de végétation observée à cette date, de l'ordre d'une dizaine de jours. La dernière décade d'avril, où la température n'est inférieure cependant que de 0°7 à la normale, va constituer un coup de frein très net. Les gelées qui marquent cette période entre le 21 et le 24 sont relativement peu prononcées, du moins à Versailles (—1°7 sous abri le 21 et —3°0 en indice actinothermique à 0,40 m), n'entraînant que des dégâts peu importants sur cultures fruitières.

Ensuite, les températures sont à nouveau le plus souvent supérieures à la normale. Les écarts les plus significatifs, de l'ordre de 4° en moyenne, sont notés au cours de la première décade de juillet. La moyenne de cette décade 21°6 est une des plus élevées observées à cette époque. Elle reste cependant inférieure de près de 1 degré à celle enregistrée en 1957 (22°6) qui est en tête de notre série. Bien que cette période fut marquée par des maximums souvent supérieurs à 30° — le maximum absolu de l'année 34°8 est noté le 9 juillet — elle fut sans incidence sur les blés dont la moisson devait commencer vers la mi-juillet, c'est-à-dire en avance de près de deux semaines.

Le deuxième graphique (fig. 2) est relatif aux *précipitations*. Il indique par décades le rapport de la hauteur des précipitations à la normale et le pourcentage correspondant. Jusqu'à la fin avril, si l'on met à part le mois de février, les pluies sont en excédent et les deux dernières décades d'avril, particulièrement pluvieuses — le total des précipitations y atteint sensiblement le double de la normale — n'annonçaient pas la sécheresse qui allait brusquement s'accuser dès le mois suivant et se prolonger jusqu'en octobre. Bien que les totaux mensuels observés, pris individuellement, ne soient pas les plus faibles de leurs séries respectives, l'été pris dans son ensemble apparaît très sec puisqu'il s'inscrit au second rang de notre série avec 74,4 mm, venant immédiatement après l'été 1949 (54,3 mm), la normale étant de 161,4 mm. De même, l'automne est le plus sec observé depuis 1928 (80,7 mm) — normale 157,5 mm — de sorte qu'en considérant l'ensemble de ces deux saisons, on aboutit à un total de 155,1 mm, qui est de très loin le chiffre le plus bas que l'on ait observé après 189,3 mm en 1945 et 216 millimètres en 1947. En 1949, année qui sous bien des rapports peut être comparée à 1959, le total des précipitations pour la même période donne 238,4 mm, soit environ 50 p. 100 de plus, mais si l'on établit les totaux sur la période avril-octobre, on trouve respectivement 200,2 mm en 1959 et 227,2 mm en 1949, ce qui fait bien apparaître l'analogie entre les deux années.

Pour terminer ce rapide tour d'horizon portant sur les observations faites à Versailles, on rappellera (1) qu'associées aux températures plus élevées et au déficit pluviométrique, les *durées d'insolation* ont été souvent remarquablement élevées, supérieures en moyenne de 30 p. 100 environ à la normale pour l'ensemble de la période mai-septembre. En juillet et septembre les durées d'insolation observées, respectivement 353 et 273 heures, sont les plus fortes que l'on ait enregistré depuis 1928 ; elles correspondent à une durée moyenne d'insolation journalière de plus de 11 heures en juillet et de près de 9 heures en septembre et à un excédent journalier par rapport à la normale de plus de 3 heures d'insolation.

Le temps sur l'ensemble de la France

Les graphiques 3 et 4 ont été établis comme habituellement à partir des résumés mensuels du temps publiés par la Météorologie nationale. Ils ne portent, on le sait, que sur un nombre réduit de stations et ne font état que des données saisonnières ou plutôt que des écarts observés par rapport aux valeurs normales. Étant donné leur intérêt, on a fait figurer en outre, en trait discontinu, les données relatives à l'automne 1959 mais ces dernières n'ont pas été comptées, évidemment, dans le calcul des écarts moyens annuels mentionnés au-dessous de chaque station, qui correspondent à la période septembre 1958-août 1959.

Ce qui frappe en premier lieu, c'est qu'en ce qui concerne la température par exemple, celle-ci a été pratiquement supérieure à la normale en toutes saisons et cela pour l'ensemble de la France, sauf dans le Midi (Toulouse) dès l'été 1959 et dans la région méditerranéenne à l'automne 1959. En ce qui concerne les précipitations, une opposition nette se dessine entre les parties Nord et Sud du Pays. Dans le Nord les pluies sont fortement en déficit au cours de l'été et de l'automne 1959 ; dans le Sud des excédents plus ou moins marqués sont notés aussi bien dans le Sud-Ouest que dans la région méditerranéenne.

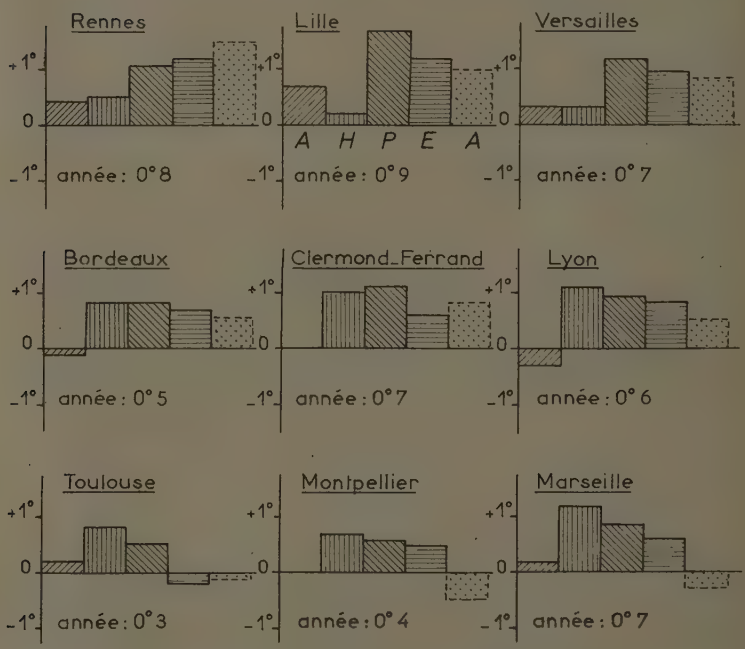
Si l'on veut maintenant dresser un bilan un peu plus détaillé, il n'apparaît pas nécessaire d'insister sur le temps observé à l'automne 1958 ;

(1) Cf. Note de MM. Geslin et Bouchet du 21 octobre dernier. *C.R.* du 4 novembre 1959.

3. TEMPERATURES 1958-1959

Ecarts à la Normale en °C par saisons (1)

A=automne H=hiver P=printemps E=été



(1) période 1928-1958 pour Versailles, 1921-1950 pour les autres stations.

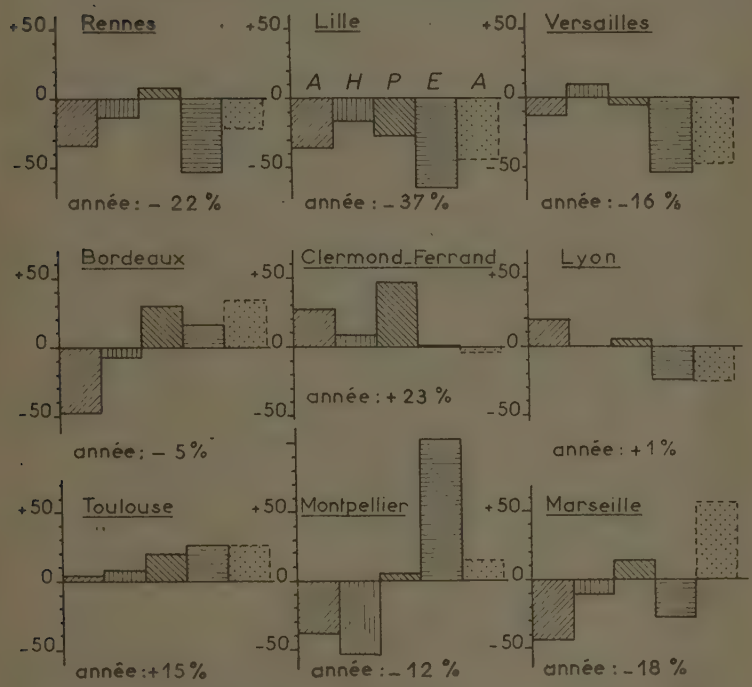
on pourra se reporter à l'exposé de l'an dernier (1). Pour ce qui est de *l'hiver*, le trait dominant à retenir est l'absence à peu près totale de précipitations en février, sur l'ensemble de la France, en dehors d'une zone très réduite dans la partie Ouest du Midi méditerranéen où des excédents dépassant trois et même huit fois la normale sont observés dans les Pyrénées orientales et le département de l'Aude. Au début du *printemps*, en mars et avril, les précipitations sont relativement abondantes et surtout fréquentes ; elles dépassent les normales de 30 à 50 p. 100 et même davantage en certains points du relief ou des côtes ; à noter en outre que

(1) Séance du 11 février 1959.

4. PRECIPITATIONS 1958-1959

Ecarts à la Normale en % par saisons (1)

A=automne H=hiver P=printemps E=été



(1) période 1923-1958 pour Versailles, 1921-1950 pour les autres stations

dans toutes les régions qui seront touchées ultérieurement par la sécheresse, le rapport des précipitations aux normales au cours de la dernière décade d'avril est toujours très élevé et supérieur à 2. En avril encore, signalons enfin que l'on retrouve en toutes régions, entre le 21 et le 24, la très courte période de gelées observée à Versailles, gelées n'entraînant pratiquement que des dégâts très localisés.

C'est à partir du mois de mai que, comme on le sait, s'est installée progressivement dans la moitié Nord de la France la sécheresse que nous avons connue, d'autant plus accusée que, corrélativement avec le déficit accentué des précipitations, les températures et surtout les durées d'insolation furent, dans les régions considérées, supérieures à la normale.

Lors de la séance du 21 octobre dernier de notre Compagnie, nous avons montré comment il avait été possible de suivre l'évolution de la sécheresse en partant de la notion de déficit en eau du sol. Nous avons donné à cette occasion une carte des déficits théoriques cumulés à la date du 1er octobre. On ne peut évidemment songer à la reproduire ici. Rappelons simplement que les déficits observés ont atteint leur valeur maximale (plus de 500 mm) dans une zone centrale englobant outre le Bassin parisien, une partie importante de la zone betteravière au Nord et s'étendant à l'Ouest jusqu'en Bretagne, au Sud dans le département de l'Indre. En Normandie comme en Bourgogne ou dans l'Est, les déficits demeurent compris entre 300 et 500 mm. Comme nous l'avons indiqué, ces chiffres théoriques correspondent aux déficits « potentiels » et sont à rapprocher des déficits réels qui, en culture betteravière, ont pu atteindre 250 millimètres environ et, sous prairie permanente, 100 à 150 millimètres. Les écarts constatés entre déficits théoriques et réels suffisent à souligner la rigueur de la sécheresse et expliquent les résultats culturaux obtenus.

Cependant, alors que la sécheresse s'aggrave ainsi progressivement dans la moitié Nord de la France, les précipitations se maintiennent le plus souvent supérieures à la normale dans la moitié Sud, notamment dans le Sud-Ouest, et les pluies à caractère orageux sont fréquentes. C'est le cas déjà en mai et juin et, si le mois de juillet est exceptionnellement sec, chaud et ensoleillé en toutes régions, dès le mois d'août, dans tout le Sud de la France, les précipitations deviennent à nouveau importantes et atteignent le double ou le triple de la normale. On sait combien ces précipitations, entraînant en outre des températures plus basses et un déficit d'insolation, contribueront à compromettre en particulier des vendanges qui s'annonçaient exceptionnelles. En octobre enfin, si des précipitations en déficit sont encore notées dans l'Est, le Centre et le Bassin parisien, dans le Midi les pluies sont toujours abondantes et cette fois il en est de même dans toute la zone atlantique située à l'Ouest d'une ligne Le Havre-Pau où les pluies sont devenues générales et atteignent en maints endroits le double de la normale. On pouvait espérer qu'elles allaient gagner l'ensemble du Pays. En fait, elles demeurent encore souvent déficitaires en novembre et à l'heure actuelle, au moins dans la région parisienne sinon dans le Sud-Ouest, l'hiver n'apparaît pas comme particulièrement pluvieux.

Conclusions

En résumé, si l'on doit retenir comme faits saillants de la campagne agricole qui vient de s'écouler les températures moyennes élevées observées pratiquement en toutes saisons, les durées d'insolation souvent exceptionnelles rencontrées et surtout, en ce qui concerne les précipitations, cette opposition extrêmement nette entre le Nord et le Sud du Pays, sécheresse extrême d'un côté, pluviosité excessive de l'autre, c'est — comme nous avons souligné au début de cet exposé — la sécheresse observée dans la moitié Nord de la France qui donne son caractère essentiel à l'année 1958-1959.

Dans ces conditions, nous pensons que nous ne pouvons mieux terminer notre propos qu'en donnant dans une dernière série de graphiques (fig. 5) quelques profils hydriques caractéristiques se rapportant à la région parisienne qui a été au cœur de la zone de sécheresse. Sur tous les graphiques, le profil H_0 correspond à la capacité de rétention à tous les niveaux. Le premier graphique (fig. 1) donne alors par comparaison le profil atteint dans une culture de betterave, au centre de Versailles même, fin septembre. On peut en déduire, par différence avec H_0, la quantité d'eau qui a été réellement prélevée par la culture, soit 230 millimètres, qui représente le déficit réel observé D, celui-ci étant à rapprocher du déficit

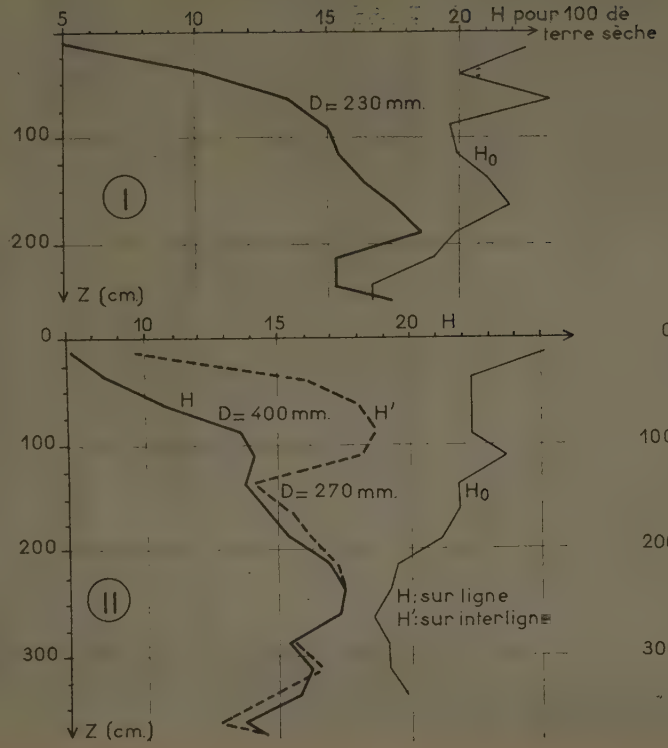


Fig. 5

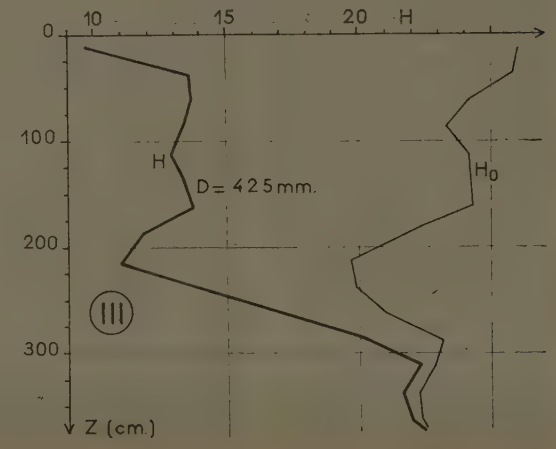
Profils Hydriqués

I _ Versailles 25.9.59 sur Betterave

II _ St Nom 5.10.59 sur Poiriers 7 ans

III _ Jagny 20.10.59 sur Poiriers 25 ans

d'après M. HALLAIRE (Versailles)



théorique maximal résultant des conditions climatiques rencontrées. Ce dernier ayant été de 500 millimètres environ (plus du double de la normale (1)), on mesure la rigueur de la sécheresse et ses conséquences sur les rendements de cette culture. Par contre, les profils suivants (graph. II et III), relatifs à des cultures fruitières, montrent que, dans les deux cas, le déficit réel se rapproche sensiblement plus du déficit théorique que dans le cas précédent, témoignant que ces cultures n'auraient pas dû avoir à souffrir de la sécheresse. De fait, les mensurations de fruits et les pesées de récolte effectuées ont précisé qu'il en avait bien été ainsi cette année dans les vergers considérés. Mais il est certain que si les réserves en eau du sol n'étaient pas reconstituées d'une manière satisfaisante au cours des prochains mois, au besoin en apportant de l'eau d'irrigation, les arrière-effets de la sécheresse 1959 pourraient être sérieux.

Station centrale de Bioclimatologie (I.N.R.A.).

M. S. Hénin. — L'exposé de notre Confrère donne une idée excellente du climat de l'année dernière. Il n'y a rien à y ajouter mais je voudrais signaler une ou deux conséquences de cette année exceptionnelle.

— Tout d'abord du fait de la sécheresse certains effets de la structure se sont fait sentir beaucoup plus intensément que d'habitude. Je fais allusion aux croûtes qui ont atteint une dureté exceptionnelle, et ont de ce fait littéralement étranglé les semis, ceux de betteraves en particulier.

— Il me semble également utile de rappeler un comportement paradoxal des terres peu profondes, celles où les plants ont le plus souffert de la sécheresse. On peut s'attendre dans ces terres à observer assez rapidement un drainage. Ce comportement risque donc d'être peu affecté par une pluviosité d'hiver insuffisante. Ce sont au contraire les sols profonds fertiles qui ont vu leur réserve abaissée dans les proportions que signale notre Confrère. et dans ce dernier cas on peut s'attendre, si l'hiver est sec et l'été prochain moyennement humide, à voir les plants souffrir de la sécheresse.

M. Geslin. — Je remercie vivement notre Confrère M. Hénin d'avoir apporté des compléments extrêmement intéressants à cette note, sur lesquels je n'ai pas cru devoir insister moi-même pour ne pas surcharger un exposé déjà long.

Mais, puisque je reprends la parole, je voudrais signaler simplement que doit paraître, prochainement, dans la revue « La Météorologie », une conférence faite par M. M. Hallaire, mon collaborateur direct à Versailles, sur la sécheresse de 1959. On y trouvera les différentes cartes relatives aux déficits cumulés observés à différentes dates, de même que les profils hydriques que j'ai présentés et qui seront commentés d'une manière plus complète que je n'ai pu le faire aujourd'hui.

Présentation d'ouvrage :

LES CAFÉIERS ET LES CAFÉS DANS LE MONDE TOME II : DES CAFÉS (2)

par **M. René Coste**

M. P. Vayssière. — Au début de l'année 1956, j'ai eu le plaisir de présenter à notre Compagnie le 1er tome de cet important ouvrage auquel j'avais collaboré ; il était consacré à l'étude des caféiers. Aujourd'hui,

(1) Cf. Note du 21 octobre. *C.R.* du 4 novembre 1959.
(2) 1er vol., 372 p., 53 fig., 70 pl. Larose, Paris, 1959.

je dépose pour notre bibliothèque la première partie du 2e tome qui traite des cafés et qui a pour but de donner une vue d'ensemble des problèmes techniques, commerciaux, économiques et même législatifs que pose cette denrée.

L'usinage des cafés verts sur le lieu de production constitue la matière du premier chapitre : épuration et triage des fruits, les techniques de préparation tant par voie humide que par voie sèche, puis les opérations communes aux cafés traités par les voies humide et sèche, c'est-à-dire nettoyage, triage, calibrage, mélanges, homogénéisation, emballage.

La normalisation, qui est ensuite étudiée, joue un rôle considérable dans le commerce des cafés : elle apporte au vendeur comme à l'acheteur une garantie sur l'origine, la nature et la qualité de la marchandise négociée. Il y a pourtant encore beaucoup à faire dans cet ordre d'idées afin qu'une normalisation intervienne entre les divers pays, pour chaque catégorie de cafés (*Arabica* courants, type Brésil, « milds », *Canephora robusta* et assimilés, etc.).

C'est, après les exposés précédents, qu'est abordée l'étude biologique, chimique et gastronomique des cafés. Nous en arrivons ainsi à des chapitres dus non seulement à M. Coste, mais également à MM. Navellier et Rabéchault, dont la lecture est susceptible d'intéresser surtout les agronomes et les consommateurs les plus difficiles de ce breuvage délicieux. Ces derniers ne se doutent pas des qualités que les spécialistes recherchent à grouper dès que les grains ont été triés jusqu'au moment où ils sont livrés au commerce de détail. Les auteurs donnent tout d'abord une étude macroscopique et microscopique (anatomique) des cafés verts, sans omettre l'énumération des principaux défauts : couleur, fèves anormales, piquées, écrasées, matières étrangères. Puis, M. Rabéchault nous apportent une étude détaillée de l'anatomie comparée des fruits et des grains de caféiers cultivés.

Les mélanges et la torréfaction retiennent particulièrement l'attention et, à cette occasion, il est rappelé que « la décoction de café cru est une boisson insignifiante, mais la carburation y développe un arôme et y forme une huile qui caractérise le café tel que nous le prenons et qui resterait éternellement inconnu sans l'intervention de la chaleur » (Brillat-Savarin).

Plus scientifiquement, il a été dit que la torréfaction est « l'opération dans laquelle sont formés sous l'action de la chaleur les principes aromatiques, qui ne préexistent pas, pour la plupart, dans la graine verte de café » (A. Faure).

M. Coste souligne ensuite que tous les efforts, faits depuis la plantation jusqu'à la torréfaction, auront été vains « si les qualités aromatiques de la graine, jusqu'alors jalousement conservées, sont détruites ou volatilisées par suite d'une préparation défectueuse du breuvage ». Il étudie alors successivement les conditions requises pour obtenir une bonne boisson : la qualité du café (espèce, variété) et son degré de torréfaction, la mouture, le matériel de préparation, l'eau, le dosage des composants et la technique de préparation.

Et on en arrive à un chapitre très important, tant au point de vue scientifique que pratique, celui de la chimie du café et de l'analyse chimique. C'est M. P. Navellier qui s'est chargé de la rédaction de cette matière importante.

Le café décaféiné et le café soluble ne sont pas oubliés et enfin le volume se termine par un aperçu sur le commerce des cafés, accompagné des textes qui régissent les marchés du café en particulier dans les pays d'expression française.

Présentation d'ouvrage :

« TECHNIQUES DE LA PRODUCTION DES BOIS ET PLANTS DE VIGNE »

par **M. Raymond Sahuc**

M. Roland Maspétiol. — M. Raymond Sahuc, ingénieur agricole et chef du Centre régional de l'Institut des Vins de Consommation courante à Alger, vient de publier sur les techniques et la production des bois et plants de vigne une étude précise et documentée qui comble une lacune incontestable. Depuis l'invasion phylloxérique, qui a entraîné la nécessité de recourir à des porte-greffes de caractéristiques et d'aptitudes variées, la multiplication de la vigne a cessé de pouvoir être pratiquée par les vignerons eux-mêmes selon les règles d'une technique traditionnelle. La pépinière viticole est devenue une véritable spécialité exigeant de nombreuses connaissances théoriques et pratiques dont l'enseignement et la vulgarisation sont demeurés jusqu'ici insuffisants, malgré l'importance qu'elles présentent pour l'approvisionnement de la viticulture en plants de qualité.

Dans une première partie, M. Sahuc traite de la culture des vignes-mères destinées à produire les bois de porte-greffes. Il examine successivement les règles qui doivent présider à leur plantation et à leur culture, la récolte des bois et leur conditionnement, la conservation des boutures, ainsi que les prescriptions relatives au transport et à la vente des bois.

La seconde partie est consacrée aux pépinières viticoles qui utilisent les bois de porte-greffes en vue d'obtenir soit des plants racinés de porte-greffes que le vigneron met en place à la fin de l'hiver et qu'il greffe à l'automne ou au printemps suivant, soit des plants racinés greffés soudés que le vigneron utilise directement. Après avoir étudié les conditions générales de l'enracinement des boutures et les conditions que doivent remplir les terres à pépinières, M. Sahuc traite distinctement d'une manière très précise des techniques propres aux pépinières de plants racinés et à celles de plants greffés-soudés. Il termine par l'examen des conditions de l'arrachage et des règles de conditionnement, de normes, de pureté, d'étiquetage, de vente et de circulation des plants.

M. Sahuc, qui est l'un des techniciens les plus qualifiés en la matière, offre ainsi au public un travail qui rendra les plus grands services tant aux pépiniéristes professionnels qu'aux conseillers agricoles.

Présentation d'ouvrage :

« L'AGRICULTURE A MADAGASCAR »

par **M. Jean Minelle**

M. André Cramois. — Un ouvrage sur « L'Agriculture à Madagascar » a été publié par la librairie Marcel Rivière sous la signature de M. Jean Minelle, ingénieur E.C.A.T. et d'Agronomie coloniale.

Une préface élogieuse a été écrite par M. Georges Hardy, directeur honoraire de l'École nationale de la France d'Outre-Mer.

Dans une première partie, M. Minelle qui a accompli toute sa carrière à Madagascar étudie les éléments naturels de l'Ile : orographie, hydrographie, climat et géologie ainsi que l'ethnographie.

L'auteur montre l'influence des conditions naturelles sur le progrès agricole. Il étudie d'une manière approfondie la flore primitive puis les plantes cultivées et leurs modes de culture ainsi que leurs parasites animaux ou végétaux et les moyens de lutter contre eux.

Il fait ensuite le point de la production agricole dans les diverses

provinces et présente une vue d'ensemble de l'orientation à donner à l'économie de Madagascar.

Des capitaux importants ont été investis pour développer certaines plantations : les résultats n'ont pas toujours été excellents. C'est en vue d'assurer aux producteurs agricoles le bénéfice de l'expérience des techniciens et des praticiens et de leur éviter des échecs que M. Minelle a conçu son ouvrage : celui-ci constitue également un guide pour les chercheurs qui trouveront à la fin du volume une intéressante bibliographie.

De nombreux tableaux statistiques consacrés aux dix dernières années éclairent le texte et font ressortir l'amélioration des conditions techniques, économiques et sociales à Madagascar.

ÉTUDE COMPARATIVE DE LA VALEUR D'UTILISATION DES EAUX D'IRRIGATION DOUCES ET SALÉES

(*Note transmise par* **M. Rebour**, *correspondant*)

L'irrigation pratiquée avec des eaux salées doit s'entourer de précautions spéciales. En effet, l'absorption de l'eau par les racines des plantes est indépendante de celle des sels nuisibles, qui restent sur place. Il en résulte une concentration des solutions du sol qui pourrait, avec le temps, dépasser la dose limite tolérée par les cultures si des dispositions n'étaient pas prises pour évacuer les surplus en profondeur ou dans un réseau de drainage. On est ainsi conduit à effectuer un véritable lessivage du sol dont les résultats ne sont pas exclusivement bénéfiques. En définitive, la valeur d'usage des eaux salées est nettement moins élevée que celle de l'eau douce, dans une mesure qui n'est peut-être pas toujours appréciée à sa juste valeur. C'est ce que cette note se propose de rechercher.

C'est la connaissance du comportement de l'eau dans le sol qui permet d'orienter efficacement la technique de lutte contre le salant.

I. — Comportement de l'eau dans le sol

Les solutions du sol évoluent :

a) par déplacement ;

b) par concentration.

Ces deux phénomènes concomitants sont influencés :

1° par la répartition des racines en profondeur ;

2° par la capacité du sol pour l'eau.

a) *Mouvements de l'eau dans le sol.* — Quand l'irrigation apporte une eau non ou peu salée sur un terrain renfermant des solutions plus concentrées, celles-ci sont poussées en profondeur par l'eau d'arrosage sans qu'il y ait mélange entre les deux, sauf sur une zone marginale peu importante. Chacun des apports successifs conserve son individualité, chassant les précédents vers le bas comme le ferait un piston.

C'est sur ce phénomène qu'est basée l'extraction des solutions du sol par la méthode Schlœsing (1, p. 323). Soubies, Gadet et Maury (5) ont également constaté que les abondantes chutes de pluie d'hiver refoulent en profondeur les nitrates en dissolution, fait qui est confirmé par les recherches de Drouineau (2).

b) *Concentration des solutions.* — L'humidité du sol au point de fanage étant égale à l'humidité équivalente divisée par 1,84 (1, p. 227 et 4), la concentration maxima des solutions du sol entre deux arrosages ne peut dépasser × 1,84. La vitesse de cette concentration est fonction de la cadence des arrosages, elle-même tributaire de la rapidité avec laquelle les plantes puisent l'eau du sol et de la capacité de ce dernier.

La combinaison du mouvement de l'eau en profondeur et de sa concentration aboutit, dans le profil du sol, à une succession de couches

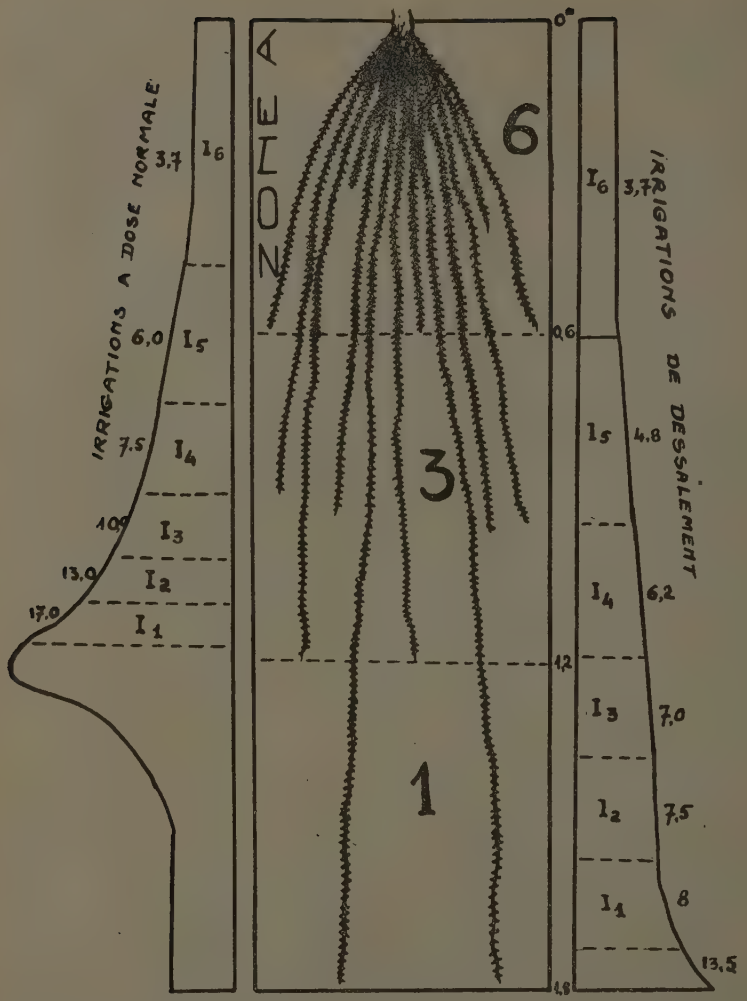


FIG. 1. — MOUVEMENTS DE L'EAU ET CONCENTRATION DES SOLUTIONS DU SOL EN FONCTION DES IRRIGATIONS.

Données de base :

Teneur de l'eau d'arrosage en sels nocifs : 2 p. 1 000.

Salure initiale des solutions du sol : 3 p. 1 000.

Capacité de rétention du sol (humidité équivalente) : 20 p. 100.

Répartition des racines (figurée au centre) : la zone des racines a été divisée en trois parties de chacune 0,60 m d'épaisseur, en leur donnant conventionnellement les indices d'activité 6,3 et 1.

(*Suite page 177*)

d'eau individualisées correspondant à l'échelonnement des arrosages. On constate, de haut en bas, une diminution progressive du volume de terre occupé par chaque arrosage. Comme la quantité totale de sels ne change pas, il en résulte une concentration des solutions qui s'accroît avec la profondeur (fig. 1). Pour employer un langage imagé, les irrigations successives s'empilent les unes sur les autres, le tout progressant vers le bas en se tassant à chaque arrosage. L'hétérogénéité du sol intervient pour modifier plus ou moins cette disposition, mais le raisonnement reste valable dans un sens général.

Pour éviter l'action néfaste de ces concentrations, il est nécessaire de fournir des suppléments d'eau calculés pour que les couches inférieures trop chargées en sels soient évacuées hors de portée des racines.

Facteurs déterminants du comportement de l'eau dans le sol

1° *Répartition des racines.* — La répartition des racines actives est fonction de la richesse en air, en eau et en éléments fertilisants des différents horizons du sol. Elle diminue plus ou moins régulièrement du haut en bas et, par conséquent, la vitesse d'absorption de l'eau subit une réduction proportionnelle. La terre atteint donc très rapidement son point de flétrissement dans la zone voisine de la surface, la plus fournie en chevelu. *Avec une eau non salée*, les végétaux n'en continuent pas moins à vivre normalement grâce à leurs racines profondes. Mais l'assèchement descend progressivement et une fraction de plus en plus importante des racines se trouve privée d'eau. A un certain niveau, il ne reste plus assez de chevelu en mesure d'alimenter la plante, qui se fane en permanence. La consommation d'eau est alors considérablement réduite, mais elle subsiste au ralenti, en raison du concours des racines situées dans la zone basse qui n'est pas encore arrivée au point de flétrissement.

Il existe donc une épaisseur de terre visitée par la partie principale des racines qui constitue la fraction la plus importante du sol et que nous nommerons la zone A. Elle est facile à déterminer sur le terrain par sondages effectués avant la première irrigation, son eau étant épuisée (fig. 1).

En réalité, on n'attend pas, pour arroser, que les feuilles se fanent en permanence, il est indispensable d'intervenir avant que la limite inférieure de l'assèchement ne soit atteinte, afin d'éviter un arrêt de croissance. Cette nécessité s'impose davantage encore *quand on utilise des eaux salées* pour les raisons qui vont suivre.

La partie principale du chevelu (zone A) se trouve heureusement dans une tranche du sol où les solutions sont renouvelées entièrement à chaque arrosage, ce qui leur évite une concentration supérieure à × 1,84 (fig. 1, I_6). Par contre, les racines profondes sont en contact avec des eaux plus chargées, c'est pourquoi il serait très dangereux de laisser le sol se dessécher jusqu'au fanage permanent des cultures, la plante ne disposant plus, à partir de ce moment, que de solutions concentrées.

L'irrigation est donnée lorsque le sol atteint son point de flétrissement sur 0,60 m de profondeur.

Salure des solutions avant le 7e arrosage :

Elles sont indiquées par les courbes chiffrées établies en fonction de 6 arrosages : I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6.

A gauche, courbe de salure calculée d'après des arrosages fournissant une dose normale de 92,5 m/m.

A droite, courbe de salure résultant d'arrosages de dessalement à la dose de 120 m/m.

Les apports de sel par irrigation s'élèvent à 1 850 kg/ha à gauche et 2 400 kg/ha à droite. Ces quantités se retrouvent intactes dans chacune des tranches successives : I_1, I_2, I_3, etc.

Des irrigations données à une cadence légèrement accélérée maintiennent constamment, dans la zone de grande activité des racines, une quantité d'eau disponible suffisante pour subvenir aux besoins des plantes. L'action nocive des solutions inférieures est alors très nettement réduite, ainsi que le démontre l'expérience suivante : (fig. 2).

Deux vases, A et B, remplis d'une solution nutritive, sont disposés côte à côte. Le vase B reçoit, en outre, 20 grammes de chlorure de sodium par litre d'eau. Les racines de trois plantes sont installées dans les réci-

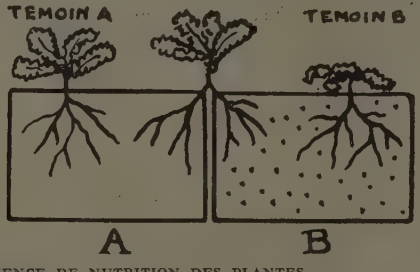


Fig. 2. — Expérience de nutrition des plantes.
A : solution nutritive.
B : solution nutritive plus 20 g /l de chlorure de sodium.
La plante de droite se fane, tandis que les deux autres conservent un aspect normal.

pients avec le dispositif suivant : une dans le vase A, une dans le vase B et la troisième est placée à cheval sur les deux, ses racines trempant par moitié dans chacun des vases. C'est le sujet en expérience, les deux premiers servant de témoins. On constate que le témoin du vase B se fane, tandis que les deux autres plantes se comportent normalement.

On peut en déduire que les racines des plantes cultivées disposant d'une eau relativement peu chargée en sels dans la zone A peuvent supporter des concentrations nocives dans les horizons inférieurs. Cela permet de réaliser de sérieuses économies sur les frais de dessalement, mais il ne faut pas dissimuler le danger que courraient les plantes dans le cas d'un assèchement total de la zone A.

2° *Capacité du sol pour l'eau.* — C'est le titre des solutions qui importe et non pas la teneur en sel par kilogramme de terre sèche. En partant de ce principe, on déduit qu'un terrain de faible capacité qui exige de fréquents arrosages provoquant une succession rapide de concentrations atteindra plus vite une salure dangereuse qu'un sol de grande capacité, recevant des arrosages plus espacés. On constate cependant que les eaux de drainage de ces derniers sont plus chargées, toutes autres conditions étant égales, que celles des terrains sablonneux (3, p. 25). C'est que la concentration dépend beaucoup plus de la générosité des arrosages que des qualités physiques du sol. Trompés par les apparences, les praticiens ont tendance à sur-irriguer et à lessiver les sols légers, parce qu'ils boivent rapidement, tandis qu'ils sous-irriguent les terres argileuses qui, buvant très lentement, leur paraissent vite rassasiées. Par ailleurs, il est d'autant plus facile de se débarrasser de sels en excès que le sol est plus perméable, ce qui explique le bon comportement des sables avec l'eau salée.

II. — Orientation de la lutte contre le sel

Pour pallier la nocivité du sel, certains agriculteurs s'inspirent d'une idée logique en apparence, mais qui les conduit à de coûteuses erreurs. Ils réduisent la dose et la cadence des arrosages afin de limiter le tonnage

de sel apporté par l'eau. Certes, les concentrations sont ainsi plus faibles malheureusement, faute d'une pénétration suffisante de l'eau, elles se manifestent en plein dans la zone de grande activité des racines, où leur nocivité s'exerce avec une intensité accrue. Nous avons vu que c'est précisément dans cette partie qu'il est nécessaire de renouveler l'eau entièrement à chaque arrosage, pour éviter de dépasser la concentration $\times$ 1,84.

La seule méthode valable pour lutter contre le sel consiste à repousser hors de la zone des racines les concentrations atteignant un taux dangereux pour les cultures. A cet effet, deux conditions sont indispensables :

Il faut disposer :

1° d'un supplément d'eau d'irrigation ;

2° d'un sol perméable et bien drainé.

En dehors des apports massifs qui sont de règle quand il s'agit de mettre en valeur un terrain salé, on se contente généralement d'apporter à chaque arrosage une certaine quantité d'eau supplémentaire, dont l'équivalent doit se retrouver dans le réseau de drainage ou passer en dessous de la zone des racines. Ce supplément est fonction de la sensibilité de l'espèce cultivée et du taux de salinité de l'eau, abstraction faite du degré de salure du sol, qui est corrigé avant la saison d'arrosage soit naturellement par la pluie soit par une irrigation massive de dessalement.

La fixation du taux de salure limite, au-dessus duquel les cultures ne sont plus rentables, est assez délicate. On adopte, à défaut d'indication plus précise, la teneur en sel des eaux de drainage recueillies en dessous du système radiculaire, au moment où les plantes donnent des signes d'intolérance.

Il faut réaliser un équilibre entre les apports et le drainage tel que : $(S + Q)\,C = S\,K$, dans lequel S est le cube d'eau à fournir en plus de la dose normale Q, qui serait utilisée avec une eau douce ; C, la teneur en sels de l'eau d'arrosage et K la teneur maxima des solutions tolérée par les cultures. On tire de cette égalité la valeur de S :

$$S = Q\,\frac{C}{K - C}$$

III. — Valeurs comparées des eaux douces et salées

L'utilisation d'eaux minéralisées est toujours moins avantageuse que l'emploi d'eau douce. Non seulement le cube de liquide nécessaire est plus élevé, mais aussi le lessivage entraîne hors de portée des racines des éléments fertilisants qui, en l'absence d'un plan d'eau à faible profondeur, ne peuvent remonter et sont définitivement perdus pour la culture. Des apports supplémentaires d'engrais sont indispensables pour combler ces pertes. D'autres formes de dépenses interviennent, comme le drainage, quand il se révèle utile, tandis que les rendements sont plus ou moins affectés par la présence de substances nuisibles. On court enfin de sérieux risques d'aggravation de la détérioration de la structure du sol, de carences en oligo-éléments, etc.

Considérons simplement la valeur de l'eau et des matières fertilisantes perdues, car c'est une charge importante, qui intervient dans tous les cas. L'azote nitrique, le plus actif et le plus coûteux des éléments nutritifs, subit des pertes qu'il est possible d'évaluer d'après la composition des eaux de drainage des cases lysimétriques (I, p. 340 et 6). En tenant compte du cœfficient d'utilisation des engrais, on peut estimer à 0,10 N.F. la valeur des 50 grammes d'azote enlevés au sol par un mètre cube d'eau de drainage. Sur cette base, on peut calculer la correspondance des valeurs des eaux douces et salées.

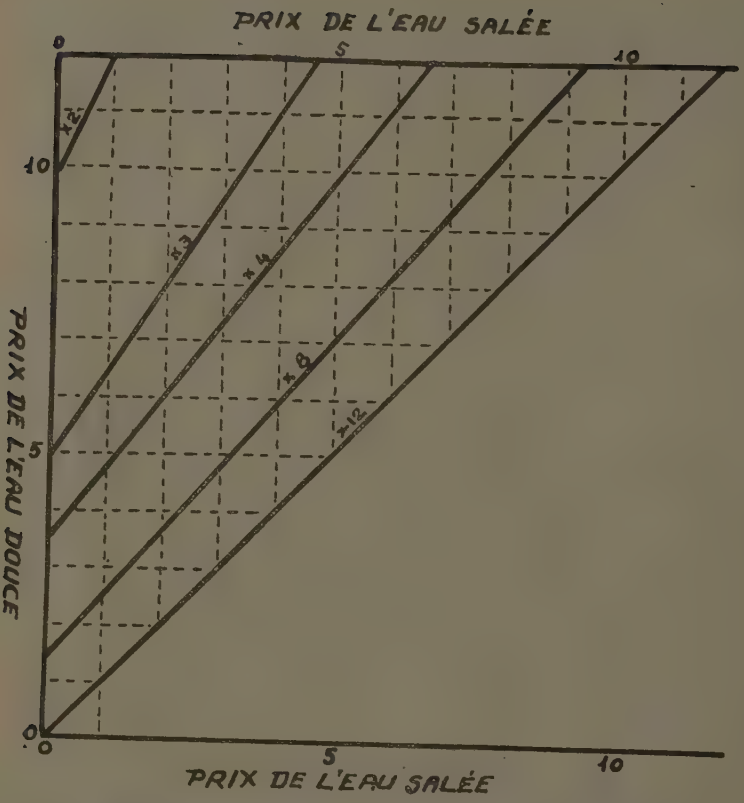


FIG. 3. — CORRÉLATION ENTRE LE PRIX DE L'EAU DOUCE ET LA VALEUR D'USAGE DE L'EAU SALÉE EN FONCTION DU RAPPORT ENTRE LA LIMITE DE TOLÉRANCE DES CULTURES ET LA TENEUR EN SELS NUISIBLES DE L'EAU D'ARROSAGE.

Facteurs de base :

Quantité d'eau de dessalement $\left(\text{voir formule } S = Q \frac{C}{K - C}\right)$.

Valeur de remplacement des nitrates : 10 N.F. par 100 mètres cubes d'eau de drainage.

Les signes X représentent la relation entre la concentration de l'eau de drainage et celle de l'eau d'arrosage K /C.

Exemple de calcul : une eau d'arrosage titrant 2 g /l de sels nuisibles est utilisée pour des cultures ne tolérant pas plus de 8 g /l dans les solutions du sol (X 4). Comparativement à un eau douce revenant à 8 N.F. les 100 mètres cubes, la valeur d'utilisation de cette eau à 2 g /l serait limitée à 3.33 N.F. les 100 mètres cubes.

Par exemple, en regard d'une eau douce revenant à 10 N.F. les 00 mètres cubes, à combien peut-on estimer la valeur d'utilisation l'une eau saumâtre de salure C, avec des cultures pouvant supporter une

concentration maxima K égale à 3 C? Le supplément d'eau nécessaire serait, d'après la formule :

$$S = Q - \frac{C}{K - C}$$

de la moitié de la dose normale. On peut poser :

Eau douce :

Prix de 100 m³		10	N.F.

Eau salée :

Volume correspondant	150 m³		
Dont eau de dessalement	50 m³		
Pertes en nitrates par lessivage	50 m³ × 0,1 =	5	N.F.
Différence (valeur nette des 150 m³ d'eau salée)		5	N.F.
Valeur d'usage de 100 m³ d'eau salée	$\frac{5 \times 100}{150}$ =	3,33	N.F.

Le graphique figure 3, établi sur ces base, fait apparaître des différences de valeur très sensible entre l'eau douce et l'eau salée lorsque les cultures ne tolèrent pas de fortes concentrations de l'eau d'arrosage (K < 3 C).

IV. — Résumé et conclusions

L'examen du comportement dans le sol des eaux d'irrigation salées fait apparaître une individualisation des apports successifs, dont il faut tenir compte, les moyennes n'ayant pas grande signification. C'est principalement le taux de salure des solutions situées dans la zone de grande activité des racines qui importe. Heureusement, c'est la fraction la plus facile à maintenir à un taux ne dépassant pas 1,84 fois le titre de l'eau d'arrosage.

Le plus grave danger couru par les cultures se présente quand la zone de grande densité des racines atteint son point de flétrissement, ce qui oblige la plante à recourir, pour son alimentation, aux couches profondes dans lesquelles les solutions sont plus concentrées. La technique de défense contre le sel consiste donc, en première urgence, à réaliser une légère accélération de la cadence des arrosages. Cette pratique présente l'avantage d'être peu coûteuse.

Le dessalement par lessivage se révèle plus onéreux. Afin de limiter les dépenses, on s'adresse à des cultures résistantes. La valeur des éléments fertilisants perdus dans l'eau de drainage atteint assez vite des chiffres prohibitifs. On déduit que l'utilisation des eaux salées devient rapidement peu intéressante quand la teneur limite des eaux de drainage descend au-dessous de trois fois le titre de l'eau d'arrosage.

En raison de restrictions d'emploi assez étroites, l'usage des eaux d'irrigation salées doit faire l'objet d'une étude préalable approfondie, tant sur le plan technique que du point de vue économique.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) Demolon (A.). — *Dynamique du sol.* Dunod, Paris, 1952.

(2) Drouineau et Lefèvre (G.). — Influence du climat méditerranéen sur la teneur en azote minéral dans les sols calcaires. *Annales Agronomiques*, p. p. 1 à 12, Paris, 1951 et *Comptes rendus de l'Académie d'Agriculture de France*, p. p. 200-204, Paris, 1951.

(3) Durand (J. H.). — L'influence de l'eau d'irrigation sur le sol. IIIe Congrès de la Commission Internationale des Irrigations et du Drainage. R 12. Question 8., San Francisco, 1957.

(4) Romano (E.) et Luciani (E.). — Sui rapporti acqua-terreno nella pratica irrigua, *L'Irrigazione*, Bologne, 1958.
(5) Soubies, Gadet et Maury. — Migration hivernale de l'azote nitrique dans un sol limoneux de la région toulousaine. *Annales Agronomiques*, série A, 3e année, Paris, 1952.
(6) Yankovitch (L.), Novikoff (V.) et Michel (R.). — Cases de végétation et cases lysimétriques. Six années d'observation. *Annales du Service Botanique et Agronomique de Tunisie.*

UNE NOUVELLE ESPÈCE DE ROUILLE DE LA LUZERNE

par **G. Viennot-Bourgin** et **M. Courtillot**

Lorsque mention est faite de la présence d'une Rouille sur le feuillage de la Luzerne cultivée, le champignon parasite qui la provoque est considéré comme étant l'*Uromyces striatus* Schroet. Cette espèce de Rouille n'est pas exclusive du *Medicago sativa* L. puisqu'on l'a constatée aussi bien dans l'hémisphère Nord que Sud sur la minette (*Medicago lupulina* L.), de nombreux *Medicago* spontanés, annuels ou vivaces, ainsi que sur les petits Trèfles (*Trifolium arvense* L., *campestre* Schreb., *minus* Rehl.). Une autre espèce, l'*Uromyces viciae-craccae* Constant. ; morphologiquement très voisine de l'*Uromyces striatus*, s'attaque au Pois (*Pisum arvense* L. et *sativum* L.) et a pu être transmise expérimentalement à plusieurs espèces de *Vicia*.

Du point de vue biologique, l'*Uromyces striatus* appartient à ce groupe de Rouilles eu-cycliques caractérisé par des formes de reproduction successives multiples : écidies, urédospores et téleutospores. C'est en outre une Rouille « hétéroxène » qui nécessite pour accomplir son développement l'existence, à proximité de la légumineuse sur laquelle se constituent les sores à urédospores et téleutospores, d'une plante-hôte très différente, en l'occurence l'Euphorbe petit-cyprès (*Euphorbia cyparissias* L.) ou l'Euphorbe de Gérard (*E. Gerardiana* Jacq.). L'Euphorbe héberge un mycélium vivace produisant chaque année des spermogonies et des écidies sur des tiges feuillées profondément déformées.

L'*Uromyces viciae-craccae* se comporte également comme une espèce eu-cyclique hétéroxène en admettant le même hôte écidien que l'*U. striatus*.

La preuve expérimentale du rôle écidien accompli par l'*Euphorbia cyparissias* a été réalisée tant en ce qui concerne l'*Uromyces striatus* que l'*U. viciae-craccae*. On trouve aussi fréquemment en nature des Euphorbes rendues naines et stériles produisant des écidiospores qui infectent ensuite les légumineuses. La fonction écidienne peut donc s'accomplir. Elle n'est cependant pas suffisante pour expliquer l'existence de la Rouille de la Luzerne dans beaucoup de cas. Il est aujourd'hui prouvé que cette espèce comporte des races physiologiques plus ou moins spécialisées à un seul hôte ou à un petit groupe de plantes-hôtes. Certaines de ces races exigent l'accomplissement du cycle complet hétéroxène, c'est-à-dire la présence de l'Euphorbe, d'autres au contraire, abandonnent la phase écidienne, se comportent ainsi comme des brachy-cycliques, et se perpétuent grâce à la longévité de la faculté germinative des urédospores. Les travaux de Koepper (1942) ont ainsi défini la résistance de certains clones, ceux de Maneval (1924), avaient montré que des urédospores prélevées sur la Luzerne en novembre puis conservées en chambre froide, sont encore aptes à germer jusqu'au mois de mai de l'année suivante.

D'une façon générale, en France tout au moins, la Rouille de la Luzerne est considérée comme un parasite de faible importance. Très souvent elle passe inaperçue et sa présence n'est notée qu'à la fin de l'été ou au début de l'automne en même temps que celle d'un autre parasite des feuilles de la Luzerne : le *Pseudopeziza medicaginis* (Lib.) Sacc. qui par contre, entraîne parfois la chute prématurée des folioles.

Cependant, au cours de la fin de l'été 1959, et jusque vers le 20 octobre, nous avons pu suivre le développement de l'*Uromyces striatus* dans les collections de la Station centrale d'Amélioration de Plantes à l'I.N.R.A. (Versailles) ainsi que dans plusieurs luzernières du plateau de Saclay. Les conditions climatiques exceptionnelles de l'année ont favorisé non seulement une production plus abondante des urédospores mais aussi la formation de nombreux sores à téleutospores. Le développement de la Rouille a accompagné celui de l'Oïdium : *Erysiphe pisi* D.C., très répandu à cette époque.

***

A la même période, des prélèvements de feuilles de Luzerne ont été réalisés d'une part à Palaiseau (Seine-et-Oise) sur luzerne de Challans semée au début de 1959 et d'autre part à Naucelle (1) (Aveyron) dans un semis de printemps de luzerne flamande. Ces deux localités, à la fois très distantes et très différentes du point de vue climatique, nous ont permis de mettre en évidence la présence d'une seconde espèce de Rouille : l'*Uromyces Magnusii* Kleb., bien distinct biologiquement et morphologiquement de l'*U. striatus*. Précisons d'abord que si la présence de l'*Uromyces striatus* ne provoque pas de désordres apparents aux dépens du feuillage de la Luzerne, par contre les tiges de Luzerne envahies par l'*Uromyces Magnusii* sont, au-delà de la période de floraison, rapidement défeuillées par suite du flétrissement rapide des folioles. Lorsque celles-ci ne sont pas encore tombées, elles deviennent si fragiles que l'ébranlement des tiges suffit à provoquer leur chute d'ensemble.

Contrairement à l'*Uromyces striatus*, l'*U. Magnusii* n'a jamais encore été signalé à ce jour sur la Luzerne cultivée. C'est une espèce uniquement hébergée par des Luzernes sauvages, qui a été décrite en 1913 sur le *Medicago minima* Desr. d'après un échantillon récolté en Allemagne. Depuis, cette espèce a été retrouvée dans une grande partie de l'Europe sur *Medicago coronata* Desr., *maculata* Willd., *orbicularis* All. Ses plantes-hôtes habituelles correspondent à des espèces annuelles ou vivaces, ubiquistes ou possédant une aire de répartition géographique strictement méditerranéenne.

Biologiquement, l'*Uromyces Magnusii* diffère de l'*Uromyces striatus* par l'absence de stade écidien connu. Si celui-ci existe en fait, il doit être considéré comme accessoire en raison du comportement automnal et hivernal de cette Rouille. Ce comportement dépend essentiellement de la nature de la plante-hôte. Nous l'avons étudié sur le *Medicago maculata* qui, bien que considéré comme annuel, supporte facilement les rigueurs de la mauvaise saison surtout s'il s'est développé dans une prairie temporaire. Les feuilles qui persistent tout l'hiver sont souvent couvertes de sores à urédospores. Par contre la formation des téleutospores est assez exceptionnelle et toujours médiocre.

***

Les lots de Luzerne provenant de l'Aveyron se sont révélés, après examen microscopique, porteurs de sores de l'*Uromyces striatus* et de l'*U. Magnusii* coexistant en mélange. En utilisant des spécimens récoltés à Versailles (envahis par l'*Uromyces striatus*) et des feuilles provenant de Palaiseau (parasitées par l'*Uromyces Magnusii*), nous avons établi les caractères communs et les particularités des deux espèces de Rouille. Quel que soit l'*Uromyces* considéré, les sores sont amphigènes (souvent plus abondants à la face inférieure des folioles), quelquefois caulicoles, épars ou en petits groupes, ovalaires, érumpents puis largement déhis-

(1) Les prélèvements et les observations ont été effectuées par R. Delpech, ingénieur agronome pour la région de Palaiseau, et par H. de Romance, ingénieur de l'A.G.P.B. dans l'Aveyron ; nous les en remercions très vivement.

cents, pulvérulents, largement bordés par l'épiderme éclaté, mesurant 0,5 mm de plus grand diamètre. Les sores sont de couleur variable : roux vif lorsqu'ils ne renferment que des urédospores, châtain plus ou moins foncé, quelquefois brun-obscur, suivant qu'ils sont mixtes (comportant à la fois des urédospores et des téleutospores) ou qu'ils ne contiennent que des téleutospores.

Les caractères distinctifs sont les suivants :

— Sores le plus souvent ovalaires, quelquefois arrondis, largement déhiscents. Masse sporifère à surface généralement convexe.

— Urédospores globuleuses ou faiblement ovoïdes, mesurant en moyenne : 23,4 × 21,1 μ, pourvues de 5 à 7 pores germinatifs dispersés.

— Téleutospores globuleuses ou faiblement ellipsoïdes, roux foncé, à paroi obscure, épaisse de 2 à 3,5 μ, ornée de verrues coniques prononcées, très marquées sur le profil de la spore. Verrues disposées sans ordre ou pouvant se rejoindre en lignes sinueuses. Pore germinatif apical recouvert d'une papille brunâtre aplatie. Dimensions : 24,0 × 22,4 μ : *U. Magnusii*.

— Sores le plus souvent arrondis, quelquefois ovalaires, fortement rebordés par l'épiderme éclaté. Masse sporifère à surface le plus souvent concave.

— Urédospores globuleuses ou faiblement ovoïdes, mesurant en moyenne : 21,3 × 17,1 μ, pourvues de 2 à 4 pores germinatifs dont 2 le plus souvent en position équatoriale.

— Téleutospores ovoïdes ou subglobuleuses ou ventrues, à paroi brun-fauve transparente, mince (1,5 μ), ornée de petites verrues confluentes en ligne ou de replis longitudinaux parallèles au grand axe de la spore ; cette ornementation n'apparaît pas sur le contour de la spore. Pore germinatif apical ou pariétal recouvert d'une papille hyaline ou brunâtre conique. Dimensions : 20,8 × 16,2 : *U. striatus*.

Les deux espèces d'*Uromyces* reconnues aujourd'hui sur les folioles de la Luzerne cultivée se distinguent donc à la fois par leur biologie et par plusieurs caractères précis concernant la morphologie et la biométrie des spores. En particulier l'appréciation des dimensions des urédospores et le nombre des pores germinatifs va permettre, dès le début des attaques de Rouille à la fin du printemps, d'identifier l'*Uromyces* et de suivre son comportement.

***

En signalant la présence en France de l'*Uromyces Magnusii* Kleb. sur la Luzerne cultivée, on peut envisager qu'il s'agit d'un nouvel exemple de l'adaptation brusque d'un parasite à un hôte inhabituel, cette adaptation s'étant trouvée réalisée sous l'influence de conditions exceptionnelles du milieu extérieur. Nous avons en effet précisé que l'*Uromyces Magnusii* existe fréquemment sur les feuilles de *Medicago maculata* et de *M. minima*, plantes-hôtes ubiquistes, largement répandues en France. L'hypothèse selon laquelle l'une ou l'autre de ces deux plantes ait pu servir d'élément contaminant à l'égard de la Luzerne cultivée ne saurait être rejetée, bien que :

1° Des expériences antérieures (Viennot-Bourgin, 1939) montrent que le passage du stade urédospore vivant sur le *Medicago maculata* à une autre espèce de *Medicago* s'avère très difficile et ne se traduit pas par une infection massive. Les recherches à cet égard sont cependant encore insuffisantes.

2° Dans la localité de Palaiseau, si la luzerne de Challans a été gravement attaquée par l'*Uromyces Magnusii*, par contre, immédiatement au voisinage, la minette (*Medicago lupulina*), est porteuse d'urédospores et de téleutospores de l'*Uromyces striatus* alors que cette Luzerne s'est montrée réfractaire à l'*Uromyces Magnusii* dans les expériences précitées. Ceci confirmerait une étroite spécialisation parasitaire et laisse supposer des degrés de sensibilité différents à l'égard des deux *Uromyces*, suivant les espèces et les clones de *Medicago*.

Les recherches devront être envisagées au printemps en même temps que seront précisées les conditions biologiques du développement de cette nouvelle Rouille nuisible à la Luzerne cultivée.

(*I.N.R.A. Pathologie végétale.*)

BIBLIOGRAPHIE

GUYOT (A. L.). — Les Urédinées. T. III : *genre Uromyces*, c) *Espèces parasites des plantes appartenant à la famille des Légumineuses*, P. Lechevalier, éditeur, 1957.

KOEPPER (J. M.). — Relative resistance of Alfalfa species and varieties to Rust caused by *Uromyces striatus*. *Phytopathology*, 1942, **32**, 1048-57.

MANEVAL (W. E.). — The viability of uredospores. *Phytopathology*, 1924, **14**, 403-07.

VIENNOT-BOURGIN (G.). — Contribution à l'étude de la flore cryptogamique du bassin de la Seine (14e note). *Rev. de Pathol. vég. et d'Entom. agric. de France*, 1939, 66-92.

LE CLIMAT DE LA RÉGION TOULOUSAINE ET SON INFLUENCE SUR LES RÉCOLTES DE BLÉ ET DE MAIS

par **L. Soubies, R. Gadet** et **P. Maury** (*)

(*Note présentée par* **M. Drouineau**)

Peut-on utiliser les observations météorologiques enregistrées depuis une longue période non seulement pour prévoir les rendements des récoltes avant qu'elles ne soient engrangées, mais surtout pour orienter la recherche agronomique vers les améliorations culturales qui utiliseraient au mieux ce climat donné?

C'est ce que nous avons tenté de faire, il y a quatorze ans au moment où se créait la Station de Recherches agronomiques de l'O.N.I.A. à Toulouse.

En 1946, l'agriculture du Sud-Ouest doutait qu'il fut possible d'améliorer ses deux principales cultures traditionnelles et accusait en particulier le climat d'être un obstacle insurmontable opposé au progrès des rendements.

Position inconfortable pour des chercheurs qui pouvaient espérer améliorer les pratiques culturales mais non pas assurément le climat.

Le premier but de ce travail, réalisé dès 1947, avec les moyens disponibles à l'époque (climogrammes de Montlaur et calculs manuels des corrélations les plus importantes), était de déceler les points par lesquels le climat pouvait agir sur les récoltes. Connaissant cela, on pouvait espérer remédier non pas au climat, mais à ses conséquences néfastes par des pratiques culturales mieux calculées. Simultanément, on pouvait espérer acquérir une meilleure connaissance de ce climat, de ses variations et de ses liaisons internes de saison à saison ou bien au cours de périodes d'années ce qui permettait peut-être une orientation des cultures.

On peut dire que ce travail nous a donné de l'espoir et qu'il a sous-tendu toutes nos recherches sur la fertilisation depuis la fondation de notre station.

Récemment, nous avons pu reprendre les anciennes données et les exploiter d'une manière plus approfondie grâce au calcul électronique (**).

(*) Station de recherches agronomiques de l'Office national industriel de l'Azote (O.N.I.A.), Toulouse.

(**) Nous remercions ici bien vivement la Compagnie IBM France qui a mis gracieusement à notre disposition un ordinateur IBM 650.

Nous avons pu confirmer nos anciens calculs mais en obtenant toutefois des informations et des rapports plus détaillés.

Les années ont passé et l'on peut juger aujourd'hui si un travail de ce genre basé sur le calcul, à partir de données qui ne sont qu'approchées peut tout de même être utile aux agronomes.

Les données et les méthodes de travail

Nous disposions des observations météorologiques consignées depuis 1839 à l'Observatoire de Toulouse et, d'autre part, des rendements moyens des récoltes en blé et en maïs dans la Haute-Garonne enregistrés aux Services agricoles départementaux mais depuis 1881 seulement.

Notre étude a porté sur les 65 années de 1881 à 1945 pour lesquelles nous disposions à la fois des données climatiques, mois par mois, et des récoltes finales en blé ou en maïs. L'utilisation de ces données appelle tout de suite deux remarques.

Les relevés météorologiques en un lieu donné et les enregistrements de récolte à l'échelle d'un département n'ont pas la même valeur ou la même rigueur.

Les premières ont la qualité de mesures physiques exactes sauf erreur humaine. Mais elles sont localisées en un point déterminé. Les secondes englobent l'ensemble des rendements moyens des régions naturelles formant le département. Elles relèvent souvent plus de l'estimation que de mesures exactes et peuvent quelquefois être influencées par des causes politiques.

Une action instantanée du climat n'arrivera à se traduire dans la récolte que si elle est opportunément placée dans le cycle végétatif de la plante, suffisamment intense et n'est pas contre-balancée par une action climatique ultérieure agissant en sens inverse. Ajoutons que par suite du décalage des semis ou de variétés différentes, le climat d'une même période n'agit pas sur des plantes exactement au même stade végétatif.

Tout ceci tempère les relations moyennes et il ne faudra pas s'étonner si les coefficients de corrélation entre facteurs du climat et rendements sont rarement élevés.

Cependant, il n'y a pas lieu de douter de la variation parallèle pour autant que ces coefficients ont une probabilité suffisante (par exemple 0,05 ou 20 chances contre 1 d'exister). Le statisticien est un peu comme le géographe en présence d'un relief poli par l'érosion. Il ne peut mesurer la montagne primitive qui a disparu. Mais il peut estimer l'importance qu'elle avait et le relief qui en subsiste est de toute manière bien réel.

Mais l'agronome statisticien ne pourra être affirmatif que pour les actions les plus déterminantes et à la condition de disposer d'une longue série d'observations qui lui permettra d'affirmer que des coefficients de corrélation assez faibles sont malgré tout significatifs.

Enfin, dernière remarque, seul ce qui varie peut être mesuré par la méthode des corrélations car un élément du climat qui demeurerait fixe avec les années ne peut se traduire, quelle que soit son influence réelle par une variation de la récolte.

Les éléments dont nous disposions ont été étudiés simultanément pour deux méthodes différentes :

— le dépouillement statistique, l'établissement de tables de concordance et la comparaison de représentations graphiques ;

— le calcul des coefficients de corrélation totale ou partielle et celui des équations de régression qui en découlent.

A. — Fluctuations et liaisons de quelques éléments du climat toulousain

Cette partie de notre travail d'investigation a été une conséquence des découvertes mises à jour au cours de l'étude des liaisons entre climat et rendements et lui a succédé. On pouvait se demander en effet si les périodes climatiques qui influençaient la récolte n'étaient pas elles-mêmes reliées les unes aux autres. Pour la logique de l'exposé, il vaut cependant mieux examiner d'abord ces liaisons climatiques.

Pour définir la stabilité des deux principaux facteurs du climat, pluie et température, et pour rechercher les liaisons possibles entre ces facteurs, nos avons calculé :

— d'une part l'écart-type et le coefficient de variabilité des pluies et des températures moyennes mensuelles autour de la moyenne générale pour chacun des mois de l'année ;

— d'autre part, les coefficients de corrélation entre les pluies d'un mois et celles des mois suivants ; entre les températures moyennes d'un mois et celles des mois suivants, et entre les pluies de chaque mois et les températures moyennes de tous les autres, et ceci pour tous les mois depuis juillet des années *n-1* jusqu'à octobre des années *n*. Cet ensemble de calculs a fourni près de 500 coefficients de corrélation.

Les pluies. — Les coefficients de variation des moyennes des précipitations mensuelles varient de ± 45 à ± 69 p. 100 selon les mois.

Ils sont inversement proportionnels à la hauteur de pluie, les mois les plus secs sont les plus instables, notamment février, juillet et août.

Parmi les corrélations significatives, on peut relever celle qui relie les pluviométries de juillet et d'août (+0,37) ; la pluie de septembre et de février suivant (+0,35) ; la pluviométrie de septembre et de janvier, février, mars (+0,34).

Les températures. Les coefficients de variabilité des moyennes de températures mensuelles varient suivant les mois de ± 6,8 à ± 41 p. 100. Les températures les plus stables sont celles des mois les plus chauds, juin, juillet et août, les plus instables, celles des mois les plus froids, notamment janvier.

On peut relever des corrélations significatives entre les températures de mars et avril (+0,33), entre celles d'avril et mai (+0,30) et à un degré moindre entre celles de mai et juin (+0,26).

On relève de même des liaisons importantes entre les températures de juin et juillet (+0,29), entre celles de juillet et août (+0,45) et de juillet et septembre (+0,34), entre celles d'août et septembre (+0,47).

Les températures de tous les mois, de mars à septembre, sont donc liées.

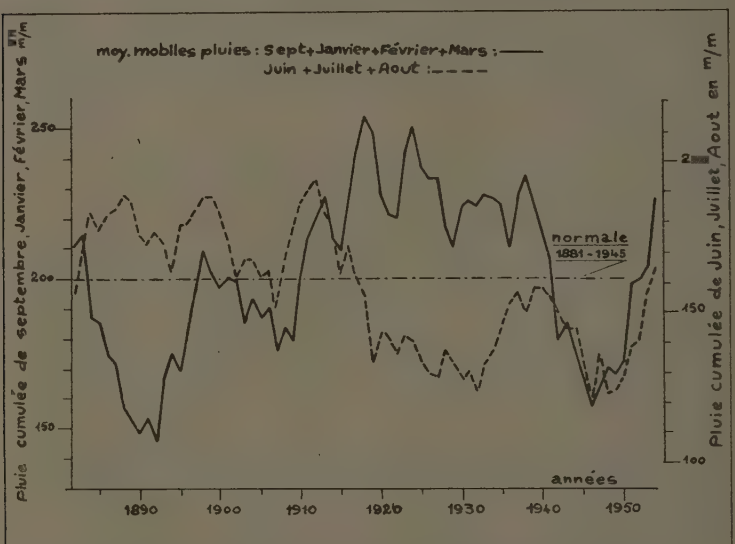
Interactions entre les pluies et les températures. — Parmi les liaisons importantes, on peut en relever d'assez logiques entre pluies et températures d'un même mois tel que mai (—0,52), juillet (—0,45), août (—0,47). On en relève de plus intéressantes comme celle qui relie la pluie de juillet et les températures d'août (—0,30) ou de septembre (—0,29).

On en relève de plus curieuses comme celle qui relie la température de septembre et la pluie de mai suivant (—0,39) ou la pluie d'octobre et la température d'avril suivant (—0,32), ou encore la pluie de novembre et la température de février suivant (—0,42), ou bien encore la température de novembre et la pluie de janvier suivant (—0,37).

Il se révèle ainsi un enchevêtrement d'interactions entre les pluies, entre les températures, entre les pluies et les températures et ceci pour des périodes quelquefois éloignées les unes des autres mais qui ne sont pas quelconques. Les météorologistes et les astronomes y trouveront un jour des raisons.

Le climat de la région de Toulouse nous apparaît en définitive caractérisé par une instabilité, surtout marquée en ce qui concerne la pluviométrie. Elle concerne surtout les mois habituellement les plus secs, juillet notamment, et ceci est évidemment grave pour les cultures d'été.

Les liaisons entre pluies et températures d'un même mois ou d'une même saison nous paraissent normales. On admet volontiers que l'été soit à la fois chaud et sec ou que l'hiver soit doux et humide.



Variations du climat sur une longue période

Il est plus intéressant de constater une relative stabilité des saisons de printemps et d'été surtout en ce qui concerne les températures. Un type de temps installé en mars ou avril a plus de chance de se maintenir jusqu'en septembre que de changer en cours de saison.

Les liaisons entre les saisons sont plus curieuses encore : la pluviométrie de septembre préfigure celle de l'hiver ; une forte pluviosité en octobre annonce un mois d'avril frais ; un mois de novembre arrosé et doux annonce des mois de janvier et février froids et secs ; une température élevée en août et septembre annonce déjà pour l'année suivante des mois de mai et juin chauds, c'est-à-dire un type d'été analogue à celui qui se termine.

Il ne faudrait pas cependant accorder à ces liaisons un caractère de certitude trop absolue. Sur une longue série d'années, la liaison existe, mais d'une année à l'autre, nous ne pouvons prévoir le climat avec une probabilité bien grande et c'est dommage.

Variations du climat sur une longue période. — Pour tenter de mettre en évidence les fluctuations dans le temps d'un facteur climatique, difficiles à saisir par consultation des chiffres annuels, nous avons utilisé la méthode des moyennes mobiles, préconisée par M. Bœuf (1).

Les calculs ont été effectués pour la pluviométrie cumulée de septembre, janvier, février et mars et pour celle de juin, juillet et août.

Ces calculs permettent de constater que ces pluviométries moyennes varient dans le temps par périodes d'inégales durées, passant alternativement au-dessus ou au-dessous de la normale. De plus, elles varient en sens inverse l'une de l'autre. Deux longues périodes de trente ans se partagent l'époque qui va de 1881 à 1941. Le climat toulousain a présenté de 1881 à 1910 une série d'années à hivers secs et étés arrosés. De 1915 à 1945, il y a eu une série ininterrompue d'années caractérisées par des hivers pluvieux et des étés secs.

La corrélation calculée sur les moyennes mobiles entre ces pluviométries cumulées de septembre + janvier + février + mars et celles de juin + juillet + août est hautement significative : —0,67.

Cette opposition entre les pluviométries de l'hiver et de l'été et l'alternance de périodes à caractères opposés, mais de périodicité non régulière, doivent nécessairement entraîner d'importantes conséquences sur la réussite des récoltes.

B. — Le climat et les rendements du blé

La recherche des relations entre le climat et les rendements par la détermination des points sensibles du climat a été poursuivie par les deux méthodes de triage statistique et de calcul des corrélations.

1° *Méthode de dépouillement statistique.* — Cette méthode déjà utilisée par Sanson (2) pour la région parisienne nous a permis d'établir pour les 65 années de la période de 1881 à 1945 le tableau suivant :

Facteur principal du rendement	Seuils des valeurs du facteur principal	Facteurs secondaires du rendement et leurs seuils de valeurs	Valeur du rendement par rapport à la moyenne (11,3 qx/ha)	Fréquence de réalisation observée sur la période 1881-1945
Pluies de janvier — février — mars	Inférieure à 105 m/m		Excédentaire (124 % de la moy.) 9 fois sur 10	25 %
	Entre 105 m/m et 175 m/m	Pluies du 15 avril au 15 mai > 70 m/m	Excédentaire (111 % de la moy.) 9 fois sur 10	17 %
		Pluies du 15 avril au 15 mai < 70 m/m	Déficitaire (87 % de la moy.) 8 fois sur 10	27 %
	Supérieures à 175 m/m		Déficitaire (81 % de la moy.) 9 fois sur 10	31 %

On voit que la pluie hivernale est le facteur prépondérant capable de déterminer la récolte quand son caractère d'excédent ou de déficit est suffisamment accusé.

La pluie printanière vient départager les cas indécis. La température

moyenne de la période décembre, janvier, février le peut aussi, mais avec une probabilité plus faible.

2° *Calcul des corrélations et de la régression.* — Nous avons calculé les coefficients de corrélation entre le rendement final et les facteurs du climat pluie et température, mois par mois depuis juillet précédant les semailles jusqu'à juillet de l'année de récolte et pour quelques périodes présumées importantes.

Nous avons ainsi obtenu une série de coefficients de valeurs différentes qui permettent d'estimer la probabilité de l'influence d'un facteur et de classer les périodes selon l'intensité de leur action.

En outre, pous tenir compte des interactions entre les facteurs climatiques eux-mêmes et ne conserver que la liaison propre entre le facteur retenu et le rendement, nous avons calculé les coefficients de corrélation partielle chaque fois que cela était nécessaire.

Le dépouillement statistique se trouve confirmé dans ses grandes lignes :

— les facteurs les plus importants sont la pluviosité de janvier ($r = -0{,}37$), celle de février ($r = -0{,}43$), et surtout celle cumulée de janvier, février et mars ($r = -0{,}50$).

La température moyenne de décembre, janvier, février agit aussi, mais à un degré moindre ($r = -0{,}25$). La pluie du 15 avril au 15 mai n'a qu'une influence secondaire à peine significative ($r = +0{,}20$) et il en est de même de celle du 15 au 30 juin ($r = -0{,}20$).

Enfin, chose insoupçonnable *a priori*, la pluie de septembre exerce une influence sur le rendement de la récolte qui ne se fera que l'année suivante ($r = -0{,}25$).

Nous remarquons de plus que les pluviométries de tous les mois, de juillet de l'année précédente à mars, sont en corrélation inverse avec le rendement.

On peut tirer de ces corrélations une équation de régression multiple qui, pondérant l'influence de la pluie et de la température, permettra de chiffrer l'importance quantitative de la variation de chaque facteur et de calculer le rendement moyen en fonction du climat observé.

Dans un premier stade, nous n'avons retenu que les périodes les plus importantes et établi l'équation suivante :

Rendement moyen annuel en blé de la Haute-Garonne en qx/ha :

$$Y = 17{,}67 - 0.0145\ X_1 - 0.0228\ X_2 - 0.4013\ X_3$$

dans laquelle :

X_1 est la pluie de septembre en millimètres ;

X_2 est la pluie de janvier, février et mars en millimètres ;

X_3 est la température moyenne de décembre, janvier, février.

Cette équation permettrait dès fin mars de calculer le rendement de la future récolte ou du moins d'en prévoir la tendance. Appliquée aux 65 années considérées, ce calcul s'est révélé exact deux fois sur trois à moins de 1,5 qx près et l'écart-type d'estimation s'élevait à $\pm$ 1,8 qx/ha.

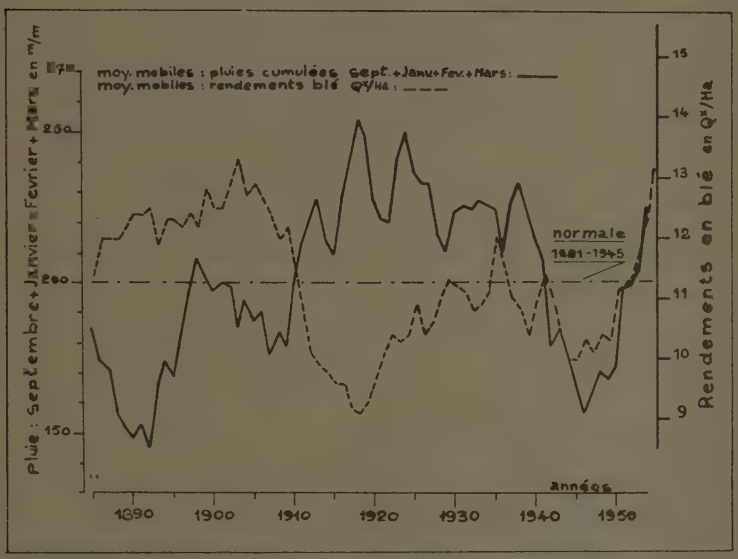
Dans un second stade de ce travail, nous avons réuni tous les facteurs climatiques considérés dans l'étude des corrélations (significativement liés ou non avec le rendement) dans une équation de régression multiple à 26 paramètres, qui peut être regardée par les agronomes comme une curiosité mathématique car elle n'a pas apporté beaucoup à la compréhension des phénomènes étudiés.

3° *Variations lentes du climat et rendements du blé.* — La moyenne des rendements en blé pour la période de 1881-1945 était en Haute-Garonne de 11,3 qx/ha.

Quand on examine la succession des rendements annuels, on est

frappé par leur manque de progrès et même par leur régression depuis 1910. Un tel phénomène pourrait avoir son explication dans une variation du climat.

Pour la mettre en évidence, nous avons utilisé la méthode des moyennes mobiles déjà citée dans l'étude du climat. Les graphiques aussi bien que le calcul construits à partir des moyennes mobiles décennales de la pluie en septembre, janvier, février, mars et des moyennes mobiles correspondantes des récoltes de blé, révèlent une corrélation inverse tout à fait remarquable entre ces deux phénomènes ($r = -0{,}82$).



Variations de la pluie hivernale et du rendement en blé

C'est donc bien une augmentation de la pluviosité hivernale qui est la cause déterminante de la baisse des rendements en blé de la région toulousaine depuis 1910, tandis que les rendements relativement bons de la période antérieure étaient dus principalement à des hivers secs.

C. — Le climat et les rendements du maïs

Les mêmes méthodes de travail ont été appliquées à la recherche des relations entre le climat et les rendements en maïs.

1° *Méthode de dépouillement statistique.* — Appliquée au maïs pour la même période de 1881 à 1945, cette méthode nous a conduits au tableau suivant :

Facteur principal du rendement	Seuils des valeurs du facteur principal	Facteurs secondaires du rendement et leurs seuils de valeurs	Valeur du rendement par rapport à la moyenne (13,09 qx/ha)	Fréquence de réalisation observée sur la période 1881-1945
Pluies de juillet en m/m	Supérieures à 55 m/m		Excédentaire (130 % de la moy.) 9,5 fois sur 10	24 %
	Entre 55 m/m et 32 m/m	Total : pluies juin + août > 110 m/m	Excédentaire (116 % de la moy.) 8,5 fois sur 10	27 %
		Total pluies juin + août < 110 m/m	Déficitaire (75 % de la moy.) 8 fois sur 10	16 %
	Inférieures à 32 m/m		Déficitaire (70 % de la moy.) 8 fois sur 10	33 %

On voit que la pluie de juillet conditionne à elle seule la récolte quand elle s'écarte de ± 25 p. 100 de sa valeur moyenne.

A l'intérieur de ces limites, les pluies de juin et août orientent le rendement.

2° *Calcul des corrélations et de la régression.* — Nous avons calculé les coefficients de corrélation totale entre le rendement annuel et les facteurs du climat pluie et température, mois par mois depuis juillet de l'année précédant le semis jusqu'à octobre de l'année de récolte, ainsi que pour certaines périodes présumées importantes. Un certain nombre de coefficients de corrélation partielle ont été également mesurés.

Le dépouillement statistique se trouve absolument confirmé. Le facteur le plus important est la pluie de juillet ($r = +0,46$) ; l'influence de la pluie de juin est secondaire ($r = +0,27$) et celle de la pluie d'août non significative à 20 contre 1 ; cependant, la pluie cumulée de juin, juillet, août est liée étroitement aux rendements ($r = +0,55$).

Le calcul des corrélations révèle en outre certaines liaisons intéressantes de la récolte :

— avec la température de septembre de l'année précédant le semis ($r = +0,36$) ;

— avec la température de septembre de l'année de récolte ($r = -0,30$) ;

— avec la pluie de janvier ($r = -0,25$) ; et celle cumulée de janvier, février et mars ($r = -0,26$).

Nous remarquerons enfin que les pluviométries de tous les mois qui vont de juillet de l'année précédente à mai de l'année de culture sont en corrélation inverse avec le rendement. Par contre, les pluies de juin à septembre présentent une corrélation positive avec le rendement.

Nous avons également déduit de ces corrélations deux équations de régression multiple.

— L'une ne retient que les facteurs climatiques les plus importants

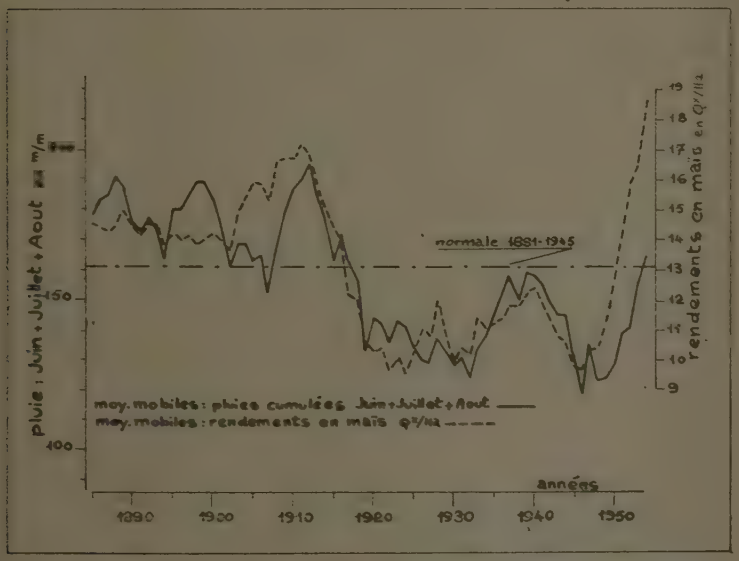
et prévoit le rendement moyen annuel en maïs dans la Haute-Garonne (Y) en fonction de :

— la pluie cumulée de janvier, février, mars. . . . . X^1
— la pluie de juin. . . . . X^2
— la pluie de juillet. . . . . X_3
— la pluie d'août. . . . . X_4

$$Y = 8{,}58 - 0{,}0164 . X^1 - 0{,}0356 X^2 - 0{,}0629 X_3 - 0{,}0363 . X_4$$

Cette équation permettrait fin août de calculer la future récolte ou du moins d'en prévoir la tendance. L'estimation est cependant moins bonne que pour le blé : elle s'accorde dans 70 p. 100 des cas avec la récolte enregistrée à moins de 3 quintaux près et l'écart d'estimation est de ± 3,0 qx/ha.

— Une seconde équation, englobant tous les facteurs climatiques considérés dans l'étude des corrélations, calcule le rendement en maïs en fonction de 30 paramètres. L'approximation est ici meilleure.



Variations de la pluie d'été et du rendement en maïs

3° *Variations lentes du climat et rendements du maïs.* — La moyenne des rendements en maïs pour la période 1881-1945 était en Haute-Garonne de 13,09 qx/ha.

Plus encore que pour le blé on est frappé de ce que ces rendements sont depuis 1915 en moyenne nettement inférieurs à ceux de la période antérieure. La méthode des moyennes mobiles révèle avec une très grande netteté que le climat estival de la région toulousaine est devenu plus sec et que les rendements du maïs ont diminué parallèlement à la pluviosité.

Le coefficient de corrélation calculé entre rendements et pluies cumulées de juin, juillet, août est de −0,71.

Discussion

Le climat toulousain peut donc être accusé d'avoir au cours des trente dernières années défavorisé à la fois les récoltes de blé et celles de maïs.

C'est là une observation sur laquelle sociologues, démographes et économistes auraient matière à réfléchir.

Après une période relativement favorable d'une trentaine d'années, les agriculteurs de la région toulousaine ont eu un climat régulièrement défavorable à leurs deux cultures principales pendant les trente années suivantes.

Un tel climat n'encourage pas au progrès et ne favorise pas les investissements ; pour un agronome, cela suffirait à expliquer la stagnation technique de l'agriculture dans cette région.

Mais l'agronome ne peut se contenter d'observer les faits ou de les déplorer. Peut-il en modifier les conséquences?

Une influence domine manifestement les autres sous ce climat, celle de la pluie. Son excès sur la normale est toujours néfaste pour le blé et pour le maïs quand elle a lieu en hiver. Son déficit en été est néfaste pour le maïs. La pluie commande la nutrition de la plante, l'envahissement par la végétation parasite, ainsi que l'exécution des travaux. Il s'agit de voir si ces conditions défavorables ne peuvent être palliées par une variété mieux adaptée, une meilleure nutrition, un meilleur contrôle des adventices et des moyens de travail plus rapides.

L'expérience a prouvé que c'était possible dans une assez large mesure. Pour ne parler que de la fertilisation et dans ce chapitre de l'azote principalement sensible aux variations du climat, nous savons indiscutablement maintenant grâce à l'expérimentation et à l'étude en laboratoire comment sous ce climat il se libère en été, migre vers le haut ou vers le bas et à quelle vitesse (3), comment il se perd ou se conserve dans le sol sous l'influence de la pluie et permet ainsi les bonnes ou les mauvaises récoltes.

Ces études qui ont été inspirées et orientées par le calcul statistique rapporté ci-dessus ont permis de préciser l'époque la meilleure et aussi le mode d'application le plus adéquat de l'engrais azoté pour qu'il donne la production la plus forte possible sur le blé comme sur le maïs (4), (5).

La productivité du kilo d'azote a doublé pour le blé et triplé pour le maïs entre 1950 et 1959.

Il n'est que juste dans ce résultat de compter pour beaucoup le meilleur travail du sol, le contrôle des mauvaises herbes et surtout les variétés plus productives de blé et de maïs qui sont maintenant utilisées.

Encore faut-il remarquer que ces variétés nouvelles sont plus en accord avec le climat que les précédentes : mûrissant plus tôt pour le blé, fleurissant à une époque plus arrosée et mieux douées contre la sécheresse pour le maïs.

La justesse des hypothèses que le calcul statistique permettait de formuler a été vérifiée par l'expérience de ces dix dernières années et c'est ce que nous voulions signaler.

Le calcul statistique n'était sans doute pas suffisant à lui seul, mais il a fourni la base des hypothèses et orienté notre travail. En définitive, malgré son caractère abstrait, rébarbatif et incertain, il nous a bien conduits vers une expérimentation plus efficace parce que mieux orientée et constamment éclairée grâce au recul qu'il permettait de prendre.

Après les importants progrès culturaux réalisés dans la région toulousaine, les équations de régressions liant les récoltes au climat sont-elles encore valables pour le présent? Autrement dit, avons-nous réellement pallié les influences néfastes du climat ou bien avons-nous simplement profité d'un climat plus favorable ces dernières années?

Pour le blé la confrontation des rendements réels depuis 1946 et des rendements calculés avec l'une ou l'autre des deux équations de régression

montre que la concordance n'est plus du tout satisfaisante à partir de 1954.

L'écart entre le chiffre réel de la récolte et celui que l'on peut calculer croît avec les années.

Le rendement théorique calculé décroît constamment depuis 1953, signe d'un climat défavorable au blé. Dans nos essais d'engrais azotés, le rendement moyen des témoins sans azote est bien en accord avec la prévision théorique : il baisse depuis 1953. Cependant la récolte réelle augmente sans cesse et finit en 1959 par être sous-estimée de 68 p. 100 par le calcul. L'influence des facteurs climatiques seule mesurée par la régression, a donc été fortement contre-balancée par un important progrès agricole. Le calcul décèle un renversement de tendance à partir de 1952 et un progrès plus marqué après 1954, ce que l'observation directe confirme par ailleurs.

On peut aussi calculer un coefficient de corrélation très élevé ($r = +0,87$) entre le tonnage des consommations d'azote utilisé dans la Haute-Garonne et l'écart qui sépare le rendement réel du blé du rendement calculé par l'équation de régression.

Il est intéressant de relever encore que, dans une situation où nous poursuivons depuis 1946 des essais de fumure azotée de blé, la productivité du kilogramme d'azote apporté en février est d'autant plus élevée que la pluviométrie de l'hiver est plus forte : (coefficient de corrélation de $+0,55$: significatif à 10 contre 1 pour dix années d'observations).

Il n'est donc pas douteux que les progrès culturaux de la région toulousaine ont été obtenus malgré le climat et non pas à cause de lui en ce qui concerne le blé.

Pour le maïs plus encore que pour le blé, la confrontation des rendements réels avec les rendements calculés montre que la concordance n'est plus satisfaisante ces dernières années.

L'écart entre le chiffre réel et celui que l'on peut calculer augmente avec les années.

Le rendement théorique calculé oscille pour les dix dernières années autour de la moyenne antérieure, reflet d'un climat ni favorable, ni défavorable. Mais la récolte réelle augmente constamment. En 1958, le calcul l'aurait sous-estimée de 14 quintaux par hectare, soit 107 p. 100.

On assiste donc, ici également, à une minimalisation des influences climatiques en face d'un important progrès cultural surtout sensible à partir de 1953 et 1956.

Cependant, et à l'inverse du blé, le facteur climatique le plus important, la pluie de juillet, garde encore un coefficient de corrélation élevé avec le rendement pour cette période 1946-1959 ($+0,67$ significatif à 100 contre 1).

Il est possible que les progrès culturaux actuels (sauf l'irrigation) ne puissent effacer cette influence du climat sur le maïs. Nous pensons aussi qu'on n'a maîtrisé la fumure azotée du maïs sous le climat toulousain que ces toutes dernières années et que la vulgarisation n'a pas encore étendu cette technique à toutes les cultures qui pourraient en profiter.

RÉFÉRENCES

(1) Bœuf. — Statistiques de la production agricole végétale. Utilisation des recensements annuels et des moyennes. *C. R. Acad. Agric.*, 1942, séance du 20 mai.

(2) Sanson. — Relations entre le caractère météorologique des saisons et les rendements des récoltes de blé en Seine-et-Oise. *C. R. Acad. Agric.*, 1929, 918.

(3) Soubies (L.), Gadet (R.) et Maury (P.). — Migration hivernale de l'azote nitrique dans un sol limoneux de la région toulousaine. *Annales agronom.*, 1952, 365.

(4) Soubies (L.), Gadet (R.) et Maury (P.). — La fumure azotée du blé dans la région toulousaine. *C. R. Acad. Agric.*, 1951, 540.

(5) Soubies (L.), Gadet (R.) et Lenain (M.). — Une difficulté particulière à la fertilisation azotée du maïs dans la région toulousaine. *C. R. Acad. Agric.*, 1956, 246.

LES PROGRÈS DE L'AGRICULTURE DU SUD-OUEST AU COURS DES DIX DERNIÈRES ANNÉES

par **D. Brisebois** (1) et **L. Soubies** (2)

(*Note présentée par* **M. Drouineau**)

L'on a coutume de dire que l'Agriculture des régions du Sud-Ouest s'est trouvée depuis le début du siècle en stagnation, si ce n'est même en régression lente mais continue.

Ce processus de sous-développement a été nettement perceptible jusqu'à la guerre.

Les causes de cette inertie ont pu être attribuées à quelques facteurs que nous analyserons succinctement.

Au premier chef, intervient le manque de formation générale et technique des agriculteurs, particulièrement sensible dans une région de polyculture familiale. Dans le seul département de la Haute-Garonne, qui ne compte cependant pas parmi les plus mal partagés, à peine 25 p. 100 des garçons et filles destinés à rester à la terre reçoivent une formation professionnelle postscolaire, d'ailleurs assez précaire.

L'insuffisance de la vulgarisation, qui aurait permis dans une certaine mesure de pallier ce défaut de formation, est non moins notoire.

Les travaux de la Recherche agronomique pendant la même période n'ont guère été poussés, aussi bien dans le secteur public que dans le privé, en raison de ce que la demande des agriculteurs restait assez peu pressante. Cette insuffisance de données de la recherche reste encore fort accusée dans le domaine des productions animales.

Ajoutons à cela les aléas d'un climat particulièrement capricieux : périodes de sécheresse prolongée, chaleur estivale, vent d'autan, tornades, grêle, gelées tardives. Autant d'éléments qui ont participé à cette stagnation, voire régression de l'agriculture régionale.

Il n'est pas jusqu'au système d'exploitation qui ne puisse être mis en cause, notamment dans les régions des côteaux du Gers et des côteaux du Lauragais, de part et d'autre de la vallée de la Garonne, où le métayage ne favorise pas les améliorations culturales.

On s'était peu à peu résigné à des rendements médiocres et à une agriculture statique où l'on « vivotait » quand on ne pouvait pas la fuir.

Or, assez soudainement et de façon imprévue, la production agricole du Sud-Ouest a fait en ces dix dernières années des progrès remarquables.

Ils sont particulièrement sensibles en matière de céréales, aussi bien blé que maïs, où est largement dépassé le rythme de progression enregistré pour l'ensemble de la France.

Cette évolution est illustrée dans les tableaux ci-dessous, qui mentionnent pour les deux cultures céréalières les plus importantes l'accroissement des rendements et des productions.

(1) Ingénieur en Chef, Directeur des Services agricoles à Toulouse.
(2) Chef des Services de Recherches agronomiques de l'O.N.I.A.

Région toulousaine (1)

		1935	1948	1958
Blé :				
Surfaces (en hectares)		442 390	344 500	353 900
Production totale (en quintaux)		4 140 560	3 266 420	5 852 180
Rendement à l'hectare (en quintaux)		9,4	9,5	17
Indice rendement /hectare	région toulous.	*100*	*101*	*180*
	France entière	100	124,7	143,8
Maïs :				
Surfaces (en hectares)		120 190	116 200	198 800
Production totale (en quintaux)		1 569 390	1 619 200	4 391 000
Rendement /hectare (en quintaux)		13	14	22
Indice rendement /hectare	région toulous.	*100*	*107*	*169*
	France entière	100	94,7	171,3

Cette expansion soudaine dans la production s'est répercutée de manière encore plus spectaculaire dans les commercialisations, c'est-à-dire dans les trésoreries des agriculteurs.

Le tableau suivant figure les entrées en organismes stockeurs de blé et de maïs.

	Blé	Maïs
1937-1938	1 964 000 quintaux	
1948-1949	1 334 000 quintaux	
1952-1953	1 649 000 quintaux	62 500 quintaux
1958-1959	3 267 000 quintaux	1 706 000 quintaux
1959-1960 (2)	3 205 000 quintaux	2 305 000 quintaux

En l'espace de sept ans, la collecte de maïs a été multipliée pas 37.

Si l'augmentation des productions animales n'a pas suivi le même rythme, du moins se situe-t-elle au même niveau que pour l'ensemble de la France.

Production laitière

		1935	1948	1958
Production totale (en hectolitres)		4 701 620	3 905 540	6 870 700
Nombre de vaches en lactation		—	396 150	502 300
Indice production par vache et par an	région toulous.		*100*	*138*
	France entière		100	138

(1) La région dite « Toulousaine » comprend les 7 départements rattachés à la Direction régionale de l'I.N.S.E.E. à Toulouse : Ariège, Haute-Garonne, Gers, Lot, Hautes-Pyrénées, Tarn, Tarn-et-Garonne.

(2) Prévisions.

Les répercussions de ce mouvement sur l'évolution des moyens de production sont également à mettre en exergue.

Le parc des tracteurs s'est accru de 1938 à 1958 dans la proportion de 1 à 15 (1 à 17 pour l'ensemble de la France).

Quant à l'emploi des engrais, le tableau ci-dessous est significatif.

UTILISATION DES ENGRAIS

	1936-1937	Moyenne 1950-1952	1958-1959
Engrais azotés (en tonnes N pur)	3 579	3 233	19 471
Indices : région toulousaine	*100*	*90*	*544*
Indices : France entière	100	146	274
	1938-1939	**1953-1954**	**1958-1959**
Total N + P + K (en tonnes d'éléments purs)	24 270	30 282	70 915
Indices : région toulousaine	*100*	*124*	*292*
Indices : France entière	100	145	214

Ainsi, voyons-nous le Sud-Ouest sortir de sa stagnation séculaire et s'engager rapidement sur la voie du progrès. Forçant les étapes, il tend à rattraper maintenant des régions considérées comme beaucoup plus évoluées.

On peut se demander quelles sont les causes de cette évolution rapide.

Nous les voyons dans un ensemble de facteurs techniques qui, pour une fois, ont pu être mis en œuvre simultanément et portés à la connaissance des agriculteurs dans une conjoncture économique de prix stables : meilleur travail des sols grâce à la moto-mécanisation ; lutte plus efficace contre les ennemis des cultures : désherbants, insecticides ; fertilisation.

Cependant, s'il nous fallait indiquer un facteur qui fut déterminant, nous répondrions, sans hésitation : *la génétique.*

L'espoir a été rendu à l'agriculture du Sud-Ouest en 1952 dès l'apparition du blé « Étoile de Choisy », espoir relayé en 1956, la fameuse année du gel, par l'extension des cultures de maïs-hybrides.

La découverte d' « Étoile de Choisy » et la mise au point de la culture du maïs, nous les devons à Alabouvette et à son équipe de chercheurs, travaillant à Montpellier, à Saint-Martin-de-Hinx, à Loudes et à Ondes.

Dans le même temps, les Stations régionales d'Agronomie (I.N.R.A. et O.N.I.A.) livraient aux vulgarisateurs des formules de fumures que l'ensemble des progrès culturaux et une application plus rationnelle permettaient de valoriser beaucoup mieux qu'antérieurement.

Entre 1948 et 1958, la productivité du kilo d'azote épandu sur blé a doublé. Sur maïs, cette même productivité a quintuplé en valeur dans les champs contrôlés.

Ainsi, par un concours heureux d'efforts et de circonstances, et malgré des conditions climatiques moyennes pour le maïs et défavorables pour le blé, l'agriculture toulousaine a fait de spectaculaires progrès dans le domaine de la production céréalière.

Il reste cependant encore beaucoup à faire car ces progrès n'ont pas encore atteint toutes les exploitations. Le réseau de vulgarisation qui se met en place a pour but précisément d'atteindre tous ceux qui ne peuvent venir d'eux-mêmes au progrès. Les études économiques poursuivies dans les Centres de gestion de la région montrent malheureusement que la situation matérielle de nombreux petits et moyens producteurs reste précaire.

La prochaine étape pourrait être dans la meilleure valorisation des productions fourragères qui pose des problèmes extrêmement complexes, en raison de l'intervention dans le circuit d'animaux transformant en lait ou en viande les fourrages produits. —

Nous pressentons en effet que l'assise économique des petites exploitations ne sera pas solide tant que cette valorisation ne sera pas assurée.

N'importe : il fallait démarrer, et c'est fait. Avec un peu de chance, et si le même effort coordonné de recherche et de vulgarisation se poursuit (si possible avec des moyens accrus) peut-être pourrons-nous présenter dans dix ans un autre bilan favorable de l'Agriculture du Sud-Ouest.

M. Guinier. — Je voudrais poser une question à M. Drouineau. Dans les départements dont il s'agit, on inclut l'Ariège et les Hautes-Pyrénées. Que se passe-t-il dans les régions montagneuses de ces départements?

M. Drouineau. — Les auteurs de cette note ont justement fait quelques réserves sur lesquelles je n'ai pas pu m'étendre évidemment puisque je n'ai fait que la résumer. Ces réserves tiennent compte des études faites en particulier par M. Brisebois avec les Centres de gestion.

Incontestablement, la situation reste préoccupante. Elle l'est pour tout le monde actuellement, mais elle l'est particulièrement pour de nombreux petits et moyens producteurs.

Vous n'ignorez pas qu'il existe, dans les régions dont il est question, une Association régionale de vulgarisation agricole l' « A.R.V.A. ». Cette association groupe un certain nombre d'organismes locaux et des industriels. Elle dispose de quelques moyens. En particulier, elle a déjà de nombreux conseillers agricoles. Je crois en effet, qu'actuellement, les départements dont il s'agit rentrent dans le cadre de ses préoccupations.

Il y a incontestablement un certain nombre de producteurs qui sont « à la traîne » dans cette évolution générale dont nous n'avons pu relever que les grandes lignes.

M. Guinier. — D'une façon générale l'exploitation des pâturages et l'élevage du bétail, dans ces pays-là, sont vraiment très primitifs.

M. Drouineau. — Cette question n'a pas échappé aux auteurs de la note. Elle est en effet très inquiétante.

CHANGEMENT DE SECTION D'UN MEMBRE TITULAIRE

Par décision unanime des membres présents et conformément à la demande qu'il a présentée, *M. Baratte* passe de la Section des Cultures à la Section de Génie rural, à la place laissée vacante par le décès de M. Tony Ballu.

DÉCLARATION DE VACANCE

Est déclarée vacante à la date de ce jour, dans la Section des Cultures, la place de M. Baratte, passé à la Section de Génie rural.

IMPRIMÉ
PAR L'IMPRIMERIE ALENÇONNAISE
PLACE POULET-MALASSIS, ALENÇON
(ORNE) (FRANCE)

Dépôt légal : 2e trimestre 1960
— N° d'ordre : 5.722 —

C. P. P. P. : 23.579

***

Les communications faites à chaque réunion et les observations auxquelles elles donnent lieu sont publiées dans les *Comptes Rendus des séances de l'Académie d'Agriculture* qui paraissent deux fois par mois, sauf en août et en septembre, et forment, chaque année, un volume de 800 à 900 pages.

Organe entièrement désintéressé, ayant toujours refusé d'insérer une publicité de quelque nature qu'elle soit, les *Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France* présentent au point de vue scientifique une haute tenue qui les place au rang des publications similaires de l'Académie des Sciences, de l'Académie de Médecine et de l'Académie Vétérinaire. Ce bulletin, qui a toujours trouvé auprès des élites scientifiques françaises et étrangères l'accueil le plus favorable, est indispensable à tous ceux qui désirent se tenir au courant de l'évolution des recherches agronomiques en France ainsi que des techniques nouvelles appliquées en agriculture.

Reconnue d'utilité publique, l'Académie est habilitée à recevoir des dons et des legs avec ou sans affectation spéciale; les libéralités ainsi faites ont permis la fondation de nombreux Prix destinés à récompenser des recherches ou des essais portant sur toutes les branches de l'Agriculture Française.

***

Les prix et conditions d'abonnement pour l'année 1960 sont les suivant :

	France et Communauté Française	*Étranger Maroc, Tunisie, Indochine, Guinée*
Abonnement annuel	15 NF	18 NF
Numéro au-dessous de 50 pages .	1,25 »	1,60 »
Numéro de 50 pages et plus . .	1,50 »	2 »

Les abonnements partent du 1er janvier de chaque année et peuvent être souscrits au siège de l'Académie d'Agriculture de France : 18, rue de Bellechasse, Paris (7e), avec paiement par chèque sur Paris, ou de préférence par virement ou envoi postal : C. C. P. 3829-19 Paris.

Les collections des années précédentes sont en vente, sauf épuisement, au prix de 25 N F la collection reliée et de 20 N F en fascicules séparés.

L'Académie peut également fournir des *reliures mobiles*, qualité marocain, couleur nègre, portant en lettres dorées l'inscription : Académie d'Agriculture de France. Comptes Rendus des Séances, 20 tringles; non millésimées : 5 N F; millésimées : 6 N F.

N° 4

SÉANCE DU 10 FÉVRIER 1960

Présidence de M. LETARD

M. le Secrétaire perpétuel. — Jean Guicherd, correspondant (1869-1960) 139

M. le Président. — Félicitations à M. André Voisin 139

M. Dufrenoy. — La théorie de l'Information : ses utilisations en Agronomie. . 139
Observation : **M. Hénin** 146

M. Blais. — Présentation d'ouvrage : *Agronomie et agronomes au XVIII^e siècle* par M. André Bourde 146

M. Bustarret. — Présentation de la revue « *Fourrages* » 148

M. Petitlaurent. — Présentation d'ouvrage : *Les fonds spéciaux intéressant l'agriculture* 149
Observations : **MM. Rouy, Garnier, le Président** 151

M. Fauck. — Matière organique et azote des sols de la Moyenne-Guinée et relations avec les rendements des cultures. (*Note présentée par* **M. Aubert**). 152

M. Vellard. — Sucre, non-sucre et acide glutamique dans la betterave sucrière: campagne 1959. (*Note présentée par* **M. Dufrénoy**) 155

M. Marcel Dupuy. — Possibilités de production de cellulose à partir du Sorgho dans le Sud-Ouest. (*Note présentée par* **M. Henri Gaussen**). 157

***

Sur l'organisation des recherches d'agronomie générale dans les Pays d'Outre-mer. Conclusions adoptées par l'Académie 163

SÉANCE DU 17 FÉVRIER 1960

Présidence de M. LETARD

M. le Secrétaire perpétuel. — Parmi les ouvrages reçus. 164
Communications relatives à la dernière campagne agricole :

I. **M. Geslin.** — Les aspects climatiques de la campagne agricole 1958-1959. . 165
Observations : **MM. Hénin, Geslin** 172

M. Vayssière. — Présentation d'ouvrage : *Les caféiers et les cafés dans le monde.* Tome II, 1^er volume par M. René Coste 172

M. Maspétiol. — Présentation d'ouvrage : *Techniques de la production des bois et plants de vigne* par M. Raymond Sahuc 174

M. Cramois. — Présentation d'ouvrage : *L'agriculture à Madagascar* par M. Jean Minelle 174

M. Rebour, correspondant. — Étude comparative de la valeur d'utilisation des eaux d'irrigation douces et salées 175

MM. Viennot-Bourgin, correspondant, **et Courtillot.** — Une nouvelle espèce de rouille de la luzerne. 182

MM. Soubiès, Gadet et Maury. — Le climat de la région toulousaine et son influence sur les récoltes de blé et de maïs. (*Note présentée par* **M. Drouineau**) 185

MM. Brisebois et Soubies. — Les progrès de l'agriculture du Sud-Ouest au cours des dix dernières années. (*Note présentée par* **M. Drouineau**). . 196
Observations : **MM. Guinier, Drouineau** 199

***

Changement de section d'un membre titulaire : M. Baratte 194

Déclaration de vacance correspondante. 199

Le Gérant : BERNARD GRISARD.

Imprimé par l'Imprimerie Alençonnaise, Place Poulet-Malassis, Alençon (Orne)
C. P. P. P. : 23.579 N° 4 — 4-60 — 5.722